

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta strojní**

**Institut dopravy**

**Posouzení energetické náročnosti vozby na trat'ovém úseku**

***Energetic Examination Analysis of Moving on Rail Section***

Student: Lukáš Macháček

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jaromír Široký, Ph.D.

Ostrava 2009

### **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu

V Ostravě...20.9.2009.....

.....Macháček Lukáš.....

Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- Byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 - školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB - TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - bakalářskou práci nebo poskytnou licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB - TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby

V Ostravě: 20.9.2009 .....

Macháček Lukáš .....

Lukáš Macháček

Sadová 158/4

787 01 Šumperk

## **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

MACHÁČEK, L. Posouzení energetické náročnosti vozby na traťovém úseku. Ostrava: Institut dopravy, Fakulta strojní, VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2009, 43 s.  
Bakalářská práce, vedoucí: Široký, J.

Na základě analýzy provozu na traťových úsecích Šumperk – Kouty nad Desnou a Petrov nad Desnou – Sobotín vytipovat charakteristické vlaky a pro ně stanovit parametry jízdy a spotřebu paliva.

V úvodu práce je uvedeno rozdělení železniční tratě na dva samostatné traťové úseky a to na traťový úsek Šumperk – Sobotín a Petrov nad Desnou – Kouty nad Desnou. Na základě tohoto rozdělení je provedena analýza traťových poměrů, zahrnující traťové a směrové poměry na jednotlivých traťových úsecích. V další části je charakterizována intenzita provozu a proveden rozbor jízdy na jednotlivých traťových úsecích. Poté je proveden výpočet parametrů jízdy pro motorový vůz řady 810 a na základě tohoto výpočtu je stanovena energetická náročnost jízdy vlaku. V závěru práce je uvedeno provozně technické hodnocení získaných údajů.

Klíčová slova: traťový úsek, intenzita provozu, energetická náročnost

## **SUMMARY BACHELOR THESIS**

MACHÁČEK, L. Energetic Examination Analysis of Moving on Rail Section. Ostrava: Institute of Transport Engineering, VSB-Technical University of Ostrava, 2009, 43 p.  
Bachelor thesis, Head: Široký, J.

On the basis of analysis of traffic on route sections Šumperk - Kouty Desnou over and over Petrov Desnou - Sobotín identify characteristic trains and to fix the parameters of travel and fuel consumption.

In the introduction to this work is a breakdown of the railway line into two separate sections of track on the railway section Šumperk - Sobotín and Petrov nad Desnou - Kouty the Desnou. On the basis of this distribution is analyzed route conditions, including the route and conditions on the direction of route sections. The next section is characterized by traffic levels and analyzed for each ride route sections. Then performs a calculation of parameters for driving a motor car number 810 and on the basis of this calculation is determining the energy performance of train. In conclusion, this work is shown operational technical evaluation of the data.

Key words: railway section, traffic levels, energy intensity

# OBSAH BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....	2
ÚVOD .....	3
<b>1 Analýza traťových poměrů.....</b>	<b>4</b>
1.1 Historie vozby .....	4
1.2 Charakteristika trati .....	5
1.3 Traťový úsek Šumperk - Sobotín .....	6
1.4 Traťový úsek Petrov n.D. – Kouty n.D. ....	8
<b>2 Analýza provozu .....</b>	<b>11</b>
2.1 Analýza provozu na traťových úsecích .....	11
2.2 Technické parametry provozovaných vozidel .....	18
2.2.1 Technický popis motorové jednotky řady 814 - 914.....	18
2.2.2 Technický popis motorového vozu řady 810 .....	21
<b>3 Výpočet parametrů jízdy pro vytypované vlaky .....</b>	<b>23</b>
3.1 Stanovení redukovaného průběhu součinitele odporu trati .....	23
3.2 Konstrukce $s_0$ -V diagramu pro motorový vůz řady 810 .....	25
<b>4 Stanovení energetické náročnosti jízdy vlaku.....</b>	<b>28</b>
4.1 Vytvoření tachogramu jízdy pro motorový vůz řady 810 .....	28
4.1.1 Konstrukce tachogramu jízdy pro rozjezd vlaku.....	29
4.1.2 Jízdy vlaku rychlostí blízkou rychlosti stanovené .....	31
4.1.3 Zastavení vlaku ve stanoveném místě .....	33
4.2 Výpočet spotřeby paliva motorového vozu řady 810.....	37
<b>5 Provozně technické zhodnocení .....</b>	<b>42</b>

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	44
SEZNAM OBRÁZKŮ .....	45
SEZNAM TABULEK .....	46

## PŘÍLOHY

1	Rozsah odbavení žst. Šumperk .....	47
2	Sklonové úseky; Šumperk - Sobotín. ....	48
3	Sklonové úseky Petrov n.D. – Kouty n.D. ....	52
4	Mapa Integrovaného dopravního systému Olomouckého kraje .....	59
5	Mapa integrace železniční dopravy do Integrovaného dopravního systému Olomouckého kraje .....	60
6	Ceník jízdného na Železnici Desná.....	61
7	Tachogram jízdy pro motorový vůz pro řadu 810 .....	63
8	Tachogram jízdy pro motorovou jednotku řady 814-914 .....	65
9	Výsledné hodnoty reduk. sklonu a součinitele odporu trať. úseku Šumperk – Sobotín. ....	69
10	Výsledné hodnoty reduk. sklonu a součinitele odporu traťového úseku Petrov n.D. – Kouty n.D. ....	70
11	Tabulka hodnot pro konstrukci $s_0$ -V diagramu pro motorový vůz řady 810 .....	72
12	Grafikon vlakové dopravy pro trať 293 Šumperk – Kouty n.D.(-Sobotín) .....	73
13	Tabulka hodnot spotřeby paliva pro motorový vůz řady 810 a pro motorovou jednotku řady 814-914.....	75
14	Spotřeba paliva motorového vozu řady 810 a motorové jednotky řady 814-914 za sledované období.....	81
15	Nákresný přehled stavu železničního svršku traťového úseku Šumperk - Sobotín .....	83
16	Nákresný přehled stavu železničního svršku na traťovém úseku Petrov n.D. – Kouty n.D. ....	91
17	Podélný profil traťového úseku Šumperk – Vikýřovice-u penzionu.....	101
18	Technický výkres motorové jednotky řady 814-914.....	102

## Seznam použitých zkratek symbolů

a.s.	akciová společnost
Ah	Ampér hodiny
AŽD	Automatizace Železniční Dopravy, a.s.
ČD	České drahy a.s.
ČR	Česká republika
GVD	Grafikon vlakové dopravy
HV	Hnací vozidlo
IDSOK	Integrovaný dopravní systém Olomouckého kraje
Kčs	Měnová jednotka (do roku 1993)
kN	kilnewtonů
kW	kilowatt
mm	milimetry
nzv	nedostatečná zábrzdňá vzdálenost
přech	nedostatečná nebo chybějící přechodnice
přev	nedostatečné převýšení
PVE	Přečerpávající vodní elektrárna
Sb.	Sbírka (zákonů)
SB5	označení betonového pražce (kolejnicové podpory)
SOÚD	Svazek obcí údolí Desné
SUDOP	projektová, konzultační a inženýrská firma
SŽDC	Správa železniční dopravní cesty s.o.
UIC	Mezinárodní železniční unie
VUS	označení betonového pražce (kolejnicové podpory)
VÚŽ	Výzkumný ústav železniční
ŽD	Železnice Desná (název soukromé železnice)
žst	železniční stanice

# Úvod

Železniční doprava v ČR tvoří nepostradatelnou složku osobní dopravy. Ta je dnes obecně vnímána především jako dopravní prostředek, zajišťující hromadnou přepravu osob a nákladů. Úkoly, které má železnice plnit vyžadují, aby disponovala potřebnými základními prostředky. Veškeré základní prostředky a technické vybavení, umožňující činnost železnice, můžeme shrnout pod společný název technická základna provozu železnic a ta zahrnuje stabilní technickou základnu (infrastruktura) a mobilní technickou základnu (vozidla). Souhrn všech železničních dopravních cest na určitém území nazýváme železniční sítí příslušného území. Železniční síť dělíme na dílčí úseky, které jsou zpravidla ohraničeny významnými železničními stanicemi nebo železničními uzly a tyto dílčí části jsou nazývány jako železniční tratě.

Cílem bakalářské práce je provedení analýzy na traťových úsecích Šumperk – Kouty nad Desnou a Petrov nad Desnou – Sobotín a na základě této analýzy vytipovat charakteristické vlaky a pro ně stanovit parametry jízdy a spotřebu paliva.



# 1 Analýza traťových poměrů

## 1.1 Historie vozby

Když hovoříme o trati z Petrova nad Desnou do Koutů nad Desnou, nemůžu nezmínit dráhu, na kterou navazovala a bez níž by nemohla vzniknout, na trať Zábřeh – Sobotín. Tyto dvě lokální tratě patří k sobě a měly také stejného provozovatele.

Stavba začala v roce 1870 a skončila v září 1871. Nebyla obtížná, vedla rovinným terénem a největší překážky tvořily řeky, které byly překlenuty pěti dřevěnými mosty. Zároveň byla v Sobotíně postavena vlečka do železáren. Trať dlouhou 22,24 km stavěla firma Bratři Kleinů a stála 2 195 753,62 zlatých. Kromě nádražních budov, vodáren a výtopny bylo u trati také 16 strážních domků.

Slavnostní otevření trati proběhlo v režii Kleinů ve středu 27. září 1871. Od 15.10. 1873 jezdily na trase Zábřeh – Sobotín dvě spojnice smíšených vlaků se zastávkami v Bludově a Vikýřovicích a s jízdními dobami 1:22 hod., přičemž ze Šumperka do Sobotína jel vlak rovných 30 minut.

Po válce v roce 1945 byla trať Petrov nad Desnou – Kouty nad Desnou zestátněna a od té doby dodnes patří tratě ze Šumperka do Koutů a do Sobotína k sobě.

Velké změny přišly se stavbou Přečerpávající vodní elektrárny (PVE) Dlouhé Stráně na Divoké Desné. Součástí stavby byla i výhybna ve stanici Velké Losiny a překladiště s vlečkou. Vlečka o celkové délce 4 km, odbočovala v km 7,750 hned za přejezdem u Filipové a končila v Loučné u zámeckého parku. Vlečka s překladištěm se stavěla v letech 1977 – 79 a stála 24 milionů Kč. Jezdily pak na ní většinou vlaky s kamenivem, zvláště betonářským pískem, který se tu překládal na auta. Vlečka nebyla však využita tak, jak se původně předpokládalo.

Důležitým mezníkem v provozu bylo období od 5. – 8. července 1997, kdy extrémní srážky způsobily na Moravě a ve Slezsku povodeň s katastrofálními následky. Postižena byla i řada železničních tratí a nejvíce poškozena byla trať Petrov nad Desnou – Kouty nad Desnou. Po povodních se podle koncepce Ministerstva dopravy neměly započít práce na obnově této tratě a mělo dojít ke zrušení.

Za této situace vznikl na podzim 1997 ve smyslu zákona o obcích Svazek obcí údolí Desné (SOÚD) z iniciativy starosty Rapotína ing. Ondřeje Koppa. Zakládající členy byly obce Sobotín, Rapotín, Velké Losiny a Loučná nad Desnou, později přistoupily ještě Vikýřovice, Hraběšice, Rejchartice a Vernířovice. To jsou až po Šumperk všechny samostatné obce v povodí Desné.

## **1.2 Charakteristika trati**

Trat' Šumperk – Kouty nad Desnou (s odbočnou větví Petrov nad Desnou – Sobotín) se nachází v Olomouckém kraji. Jedná se soukromou trať, jejichž vlastníkem je (SOÚD), provoz osobní dopravy je zajišťován společností Veolia Transport Morava a.s., která je nástupcem dopravce Connex Morava. Provozovatelem této trati byla do března 2005 Stavební obnova železnic a.s., nyní je provoz realizován společností SART stavby a rekonstrukce a.s., jejíž sídlo je v Šumperku.

Výchozí bod této tratě je žst. Šumperk (315m.n.m.). Tato stanice prodělala modernizaci v rámci stavby "Elektrizace železniční trati Zábřeh na Moravě – Šumperk". Stavba byla zahájena 16. června 2008 demontáží 5 koleje. Během 4 měsíců vznikly 3 nástupiště, které jsou bezbariérově přístupná i méně pohyblivým občanům. Během výluk byl rekonstruován železniční spodek, včetně odvodnění a kabelových prostupů a také železniční svršek. Hlavní kolej číslo 1 v délce 865 m byla obnovena z nových kolejnic na betonových pražcích, další koleje v celkové délce 2110 m jsou z užitých kolejnic na betonových pražcích. Dalším zásahem do původního stavu byla také výměna tří stávajících výhybek na oceli za výhybky nové generace na dřevě. V železniční stanici je položen nový kabel a namontován nový rozhlas, sdělovací zařízení a nová dispečerská řídicí technika. Železniční stanice poskytuje široký rozsah služeb (viz Příloha 1) a je křižovatkou pro směr Olomouc, Zábřeh na Moravě a Jeseník.

Kilometrická poloha počátku infrastruktury Železnice Desná je přibližně km 13,250 a konec je v km 22,165 v případě žst. Sobotín a v km 13,465 ve stanici Kouty nad Desnou. Pro snadnou orientaci a pro další výpočet je provedeno rozdělení na 2 samostatné úseky a to Šumperk (km 13,250) – Sobotín (km 22,165) a Petrov nad Desnou (km 0,160) – Kouty nad Desnou ( km 13,462).

### 1.3 Traťový úsek Šumperk - Sobotín

Trať začíná v km 13,250, tedy krátce po výjezdu ze železniční stanice Šumperk. Celková stavební délka tratě je 8,916 km. Na úseku se nachází 6 úrovnňových křížení s pozemní komunikací s přejezdovým zabezpečovacím zařízením typu AŽD, z toho 1 železniční přejezd je zabezpečen závorami (km 19,649). Dále trať kříží 13 polních cest, které jsou zabezpečeny výstražnými kříži. V km 19,722 na traťovém úseku Petrov nad Desnou (km 19,585) – Sobotín (km 21,885) se nachází přechod pro pěší.

objekty na trati	km poloha objektu	
<b>Šumperk</b>	<b>12,621</b>	
VJ - PS	13,475	skříňka s traťovým telefonem; vjezdové návěstidlo
přejezd AŽD	13,612	skříňka s traťovým telefonem
přejezd AŽD	13,880	skříňka s traťovým telefonem
Př PS	14,182	předvěst vjezdového návěstidla
přejezd AŽD	14,258	skříňka s traťovým telefonem
<b>Vikýřovice U penzionu</b>	<b>14,286</b>	zastávka
<b>Vikýřovice</b>	<b>15,618</b>	zastávka
<b>Vikýřovice - Lesní</b>	<b>16,640</b>	zastávka
Př L	17,355	předvěst vjezdového návěstidla
VJ - L	18,055	skříňka s traťovým telefonem; vjezdové návěstidlo
<b>Petrov nad Desnou SD (D)</b>	<b>18,487</b>	sídlo diriguující dispečera; provoz je řízen dirigováním
VJ - NS Petrov nad Desnou	18,950	skříňka s traťovým telefonem
Př NS	19,350	předvěst vjezdového návěstidla
<b>Petrov nad Desnou, zast.</b>	<b>19,585</b>	zastávka
přejezd AŽD	19,649	skříňka s traťovým telefonem
Sobotín	21,401	lichoběžníková tabule dle ŽD 3
<b>Sobotín ŽD 3</b>	<b>21,885</b>	

**Tab.1.1** Umístění provozních zařízení pro organizaci provozu [Tabulka traťových poměrů; SART stavby a rekonstrukce a.s.]

Rozchod této tratě je předepsán jako standardní, tedy rozměrem 1435 mm se zábrzdou vzdálenosti rozdělenou na dvě části:

1. Šumperk – Petrov nad Desnou 700 m
2. Petrov nad Desnou – Sobotín 400 m

Největší délka vlaku osobní dopravy je určena na 60 m (8 náprav) a délka vlaku nákladní dopravy na 170 m (24 náprav). Trakční soustava je nezávislá a traťový rádiový systém není umístěn. V dopravně Petrov nad Desnou v km 18,395 u koleje č.5 vlevo od začátku trati není dodržen volný postranní prostor průjezdného průřezu z důvodu umístění zděné budovy.

Trat' je tvořena 24 sklonovými úseky (Příloha 2 a Příloha 3), 25 oblouky (z toho 13 levostranných a 12 pravostranných). Maximální traťová rychlost je 70 km/h (km 13,250 – km 18,106) a 40 km/h (km 18,108 – km 22,165) a nachází se zde určité traťové poměry, které rozhodují o traťové rychlosti a jsou uvedeny v Tab.2.

1	2	3	4	5
nzv,přech,přev	(70)	Šumperk 12,621	40	přech
	80	14,300	70	
	50	18,108	80	
	40	Petrov n.D. 18,487	40	(z kol.č.1,2)
		Sobotín 21,885	40	

**Tab.1.2** Traťové poměry rozhodující o traťové rychlosti  
[Tabulka traťových poměrů; SART stavby a rekonstrukce a.s.]

Sloupec 1 specifikuje důvod omezení rychlosti (nedostatečná zábrzdňá vzdálenost, nedostatečná nebo chybějící přechodnice nebo nedostatečné převýšení), sloupec 2 udává rychlost pro skupiny přechodnosti 1 a 2 v km.h<sup>-1</sup>, ve sloupci 3 je uvedena dopravná. Sloupce 1 a 2 platí při jízdě od začátku trati ke konci, sloupce 4 a 5 pro jízdu opačným směrem.

Na traťovém úseku Šumperk – Petrov nad Desnou – Sobotín není dovolen posun mezi jednotlivými dopravnami za vlakem, ale je povolena postrková služba.

Postrk je povolen jako závěsný postrk, kde tlačná síla je stanovena do 200 kN a hmotnost postrku je do 140 t.

Tratě dráhy celostátní a drah regionálních se zařazují do traťových tříd podle toho, jakými nejúčinnějšími kolejovými vozidly příslušné traťové třídy zatížení mohou být pojížděny. Z hlediska přechodnosti drážních vozidel, kdy se přechodností rozumí schopnost železničního stavebního objektu převést kolejové vozidlo po vlastní konstrukci při zachování bezpečnosti železničního provozu, se tratě v souladu s výnosem Mezinárodní železniční unie – UIC č. 700 zařazují do traťových tříd zatížení.

Při zařazování tratě do traťové třídy se uvažuje souprava složená ze schémat simulujících drážní vozidla se dvěma dvounápravovými podvozky. Úsek ohraničený dopravnami Šumperk – Sobotín je zařazen do traťové třídy B2, u které je stanovena hmotnost na nápravu 18 t.

## 1.4 Traťový úsek Petrov n.D. – Kouty n.D

Tato část tratě má počátek v žst. Petrov nad Desnou (km 0.160), dále pokračuje směrem na Rapotín, Loučná nad Desnou a končí v žst. Kouty nad Desnou (km 13,462). V tabulce 1.3. jsou znázorněny jednotlivé stanice a zastávky a jejich kilometrická poloha.

Název stanice/zastávky	kilometrická poloha [km]	délka dopravní/zastávky [m]
Petrov nad Desnou	18,228 – 18,693	465
Rapotín zastávka	1,013 - 1.080	67
Rapotín	1,600 - 1,880	280
Velké Losiny	3,610 - 4,110	500
Velké Losiny zastávka	5,030 - 5,150	120
Loučná n.D. - Filipová	7,670 - 7,720	50
Loučná n.D.	9,630 - 9,680	50
Loučná n.D. - Rejhotice	11,660 - 11,820	160
Kouty nad Desnou	13,180 - 13,462	282

**Tab.1.3** Umístění a poloha jednotlivých dopravních zařízení a zastávek na trati

objekty na trati	km poloha objektu	
<b>Petrov nad Desnou SD (D)</b>	<b>0,000</b>	sídlo diriguječnický dispečera; provoz je řízen dirigováním
přejezd AŽD	0,307	skříňka s traťovým telefonem
VJ - S	0,361	vjezdové návěstidlo
Př S	0,850	předvěst vjezdového návěstidla
<b>Rapotín zastávka</b>	<b>1,044</b>	zastávka
přejezd AŽD	1,095	závory; skříňka s traťovým telefonem
<b>Rapotín</b>	<b>1,660</b>	stanice
přejezd AŽD	1,885	skříňka s traťovým telefonem
Velké Losiny	3,390	lichoběžníková tabule dle ŽD 3
<b>Velké Losiny ŽD 3</b>	<b>3,760</b>	stanice
Velké Losiny	4,220	lichoběžníková tabule dle ŽD 3
přejezd AŽD	5,045	skříňka s traťovým telefonem
Velké Losiny zastávka	5,090	zastávka
Loučná n.D. - Filipová	7,690	zastávka
přejezd AŽD	7,730	skříňka s traťovým telefonem
přejezd AŽD	9,003	skříňka s traťovým telefonem
přejezd AŽD	9,310	skříňka s traťovým telefonem
<b>Loučná nad Desnou</b>	<b>9,636</b>	zastávka
přejezd AŽD	9,870	skříňka s traťovým telefonem
Loučná n.D.-Rejhotice	11,697	nákladíště a zastávka
Kouty nad Desnou	12,973	lichoběžníková tabule dle ŽD 3
přejezd AŽD	13,150	skříňka s traťovým telefonem
<b>Kouty nad Desnou</b>	<b>13,268</b>	stanice

**Tab.1.4** Umístění provozních zařízení pro organizaci provozu [Tabulka traťových poměrů; SART stavby a rekonstrukce a.s.]

Na popsaném úseku nachází celkem 35 úrovnňových křížení s pozemními komunikacemi, 11 je zabezpečeno přejezdovým zabezpečovacím zařízením typu AŽD, z toho 1 železniční přejezd v km 1,095 na úseku Rapotín zastávka (km 1,044) – Rapotín (km 1,660) je zabezpečen závorami. Dále trať kříží 24 polních cest, které jsou zabezpečeny pouze výstražnými kříži.



**Obr.1.1** Úrovnňové křížení státní silnice I/11 a železniční tratě v km 0,307 vybavené přejezdovým zabezpečovacím zařízením s úplnými závislostmi se závorami

Na trati se nachází 66 sklonových úseku (viz Příloha 2 a Příloha 3), z toho největší sklon je mezi km 12,610 a km 12,996 a má hodnotu 26,90 ‰. Na úseku můžeme analyzovat celkem 38 oblouků. Z tohoto počtu je celkem 21 levostranný a 17 pravostranných oblouků. Na traťovém úseku Petrov nad Desnou – Kouty na Desnou je povolena postrková služba, ale je zakázán posun mezi dopravními za vlakem. V žst. Rapotín u koleje č.1 v km 1,735 není vlevo od začátku tratě dodržen volný postranní prostor průjezdného průřezu z důvodu umístění sloupu vedení. Z důvodů nezávislé trakční soustavy není povoleno na celé trati umístění návěstí pro elektrický provoz.

V celé délce traťového úseku je použit jako kolejové lože štěrk. Na kolejovém loži je umístěno několik druhů kolejnicových podpor (SB5 c 1971, VUS c 1971). Dále se na trati nachází různé druhy kolejnic. V úseku Petrov nad Desnou - Rapotín zastávka jsou použity kolejnice označené T/75 25 U 1971, které značí tvar konkrétní kolejnice a její jakost, dále délka kolejových polí a rok vložení kolejnice.



**Obr.1.2** Mostní konstrukce bez průběžného štěrkového lože v km 0,950 v traťovém úseku Petrov n.D. – Rapotín zastávka

Zábrzdná vzdálenost pro traťový úsek Petrov nad Desnou – Kouty nad Desnou je předepsána na 400 m. Největší délka vlaku osobní dopavy je stanovena na 8 náprav (60m) a pro nákladní dopravu je určena na dvě základní skupiny:

- 1.) 220/36 metry/nápravy Šumperk – Velké Losiny
- 2.) 120/20 metry/nápravy Velké Losiny – Kouty nad Desnou

Provoz je obousměrný, trakční soustava je nezávislá a traťový radiový systém není umístěn. Drážní doprava je organizována a provozována podle ŽD 3.



## 2 Analýza provozu

### 2.1. Analýza provozu na traťových úsecích

Olomoucký kraj je rozdělen do několika částí. Tyto části vytváří jednotlivé zóny, které mají číselné označení a název příslušného sídla dané lokality (zóny). Tyto zóny vytváří Integrovaný Dopravní systém Olomouckého kraje (IDSOK). Mapa s jednotlivými popisy zón IDSOK je popsána v příloze 4 této práce.

Tarif integrovaného dopravního systému Olomouckého kraje stanoví výši jízdného a dovozného, způsob nabytí a použití jízdních dokladů a jejich platnost. Tarif IDSOK vychází ze smluvních přepravních podmínek IDSOK, vyhlášky Ministerstva dopravy a spojů ČR č.175/2000 Sb., o přepravním řádu pro veřejnou drážní a silniční osobní dopravu.

Tratě Šumperk – Sobotín a Petrov nad Desnou – Kouty nad Desnou jsou zařazeny do IDSOK. Jednotlivé stanice a zastávky ŽD jsou rozděleny do zóny 1,2,4,5,6. Přesné umístění udává Tab.2.1 a příloha 5.

Šumperk	► 1	název zastávky
Vikýřovice-u penzionu	► 1,2	název hraniční zastávky
Vikýřovice	► 1,2	název hraniční zastávky
Vikýřovice - Lesní	► 2	název zastávky
Petrov nad Desnou	► 2	název zastávky
Rapotín zastávka	► 2	název zastávky
Rapotín	► 2	název zastávky
Velké Losiny	► 2,4	název hraniční zastávky
Velké Losiny zastávka	► 4	název zastávky
Loučná nad Desnou-Filipová	► 4,5	název hraniční zastávky
Loučná nad Desnou	► 5	název zastávky
Loučná nad Desnou-Rejhotice	► 5	název zastávky
Kouty nad Desnou	► 5	název zastávky
Petrov nad Desnou	► 2	název zastávky
Petrov nad Desnou zastávka	► 2	název zastávky
Sobotín	► 6	název hraniční zastávky

**Tab.2.1** Rozdělení jednotlivých stanic a zastávek do zón IDSOK

Na ŽD je možné zakoupit jízdní doklady v Tarifu IDSOK na zóny 1,2,3,4,5,7,8,10,11,12,14,26,28,31,32,33,35,36,37,39,100 a 110. Platnými doklady na ŽD jsou jízdenky pro jednotlivou jízdu, časové jízdenky (týdenní a měsíční), průkaz jehož držitel je oprávněn k bezplatné přepravě. Ceník jízdného a smluvní přepravní podmínky na ŽD jsou uvedeny v příloze 6.



Na základě údajů, které jsou získány z nákresného grafikonu vlakové dopravy a který je platný pro období od 14. prosince 2008 do 12. prosince 2009, je na této trati vedeno celkem 38 vlakových souprav.

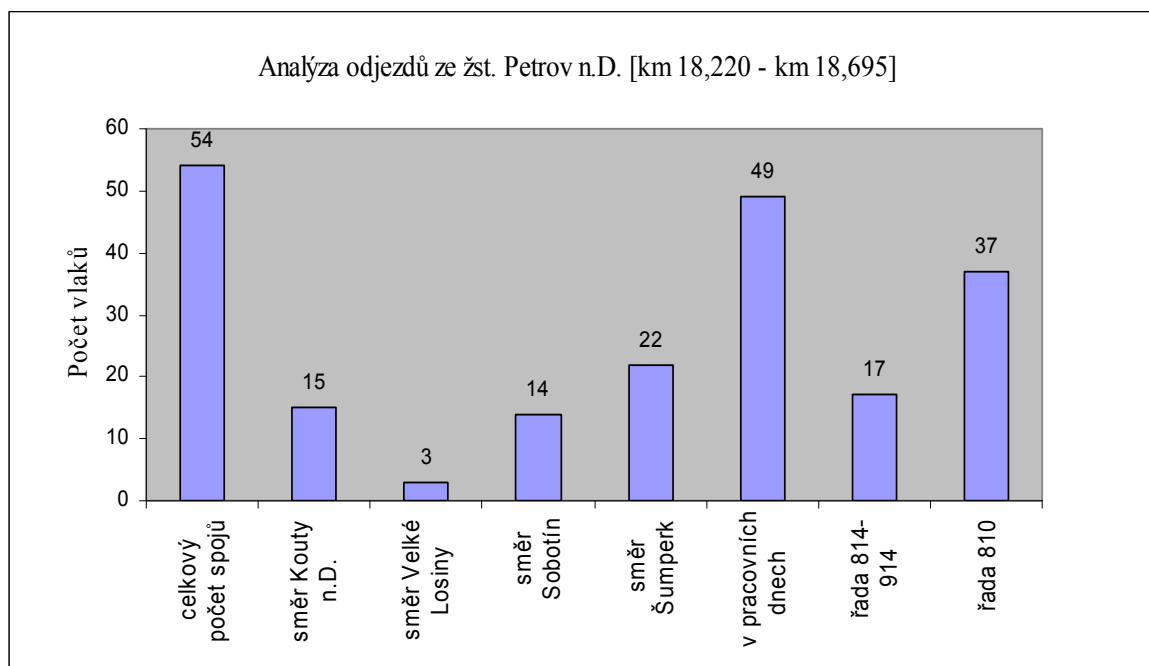
Označení druhu a čísla vlaku	Traťový úsek
Os 13752/23850	Šumperk [4.50] - Petrov n.D. - Sobotín [5.09]
Os 23851	Sobotín [5.13] - Petrov n.D. - Šumperk [5.31]
Os 13754	Šumperk [5.50] - Petrov n.D. - Kouty n.D. [6.27]
Os 13757	Kouty n.D. [6.58] - Petrov n.D. - Šumperk [7.31]
Os 23856/13754	Šumperk [9.45] - Petrov n.D. - Kouty n.D. [10.25]
Os 13763	Kouty n.D. [10.45] - Petrov n.D. - Šumperk [11.20]
Os 13764	Šumperk [11.41] - Petrov n.D. - Kouty n.D. [12.10]
Os 13767	Kouty n.D. [12.30] - Petrov n.D. - Šumperk [13.05]
Os 13766	Šumperk [13.10] - Petrov n.D. - Kouty n.D. [13.47]
Os 13771	Kouty n.D. [14.08] - Petrov n.D. - Šumperk [14.43]
Os 23866/13772	Šumperk [15.39] - Petrov n.D. - Kouty n.D. [16.18]
Os 13775	Kouty n.D. [16.32] - Petrov n.D. - Šumperk [17.08]
Os 13776	Šumperk [17.39] - Petrov n.D. - Kouty n.D. [18.16]
Os 13775	Kouty n.D. [18.58] - Petrov n.D. - Šumperk [19.37]

**Tab.2.2** Nasazení motorové jednotky řady 814-914 na ŽD v pracovních dnech

Označení druhu a čísla vlaku	Traťový úsek
Os 13752/23850	Šumperk [4.50] - Petrov n.D. - Sobotín [5.09]
Os 23851	Sobotín [5.13] - Petrov n.D. - Šumperk [5.31]
Os 13754	Šumperk [5.50] - Petrov n.D. - Kouty n.D. [6.27]
Os 13757	Kouty n.D. [6.52] - Petrov n.D. - Šumperk [7.31]
Os 13758	Šumperk [8.10] - Petrov n.D. - Kouty n.D. [8.50]
Os 13761	Kouty n.D. [9.00] - Petrov n.D. - Šumperk [9.35]
Os 23856/13754	Šumperk [9.45] - Petrov n.D. - Kouty n.D. [10.25]
Os 13763	Kouty n.D. [10.45] - Petrov n.D. - Šumperk [11.20]
Os 13764	Šumperk [11.41] - Petrov n.D. - Kouty n.D. [12.18]
Os 13767	Kouty n.D. [12.30] - Petrov n.D. - Šumperk [13.05]
Os 13766	Šumperk [13.10] - Petrov n.D. - Kouty n.D. [13.47]
Os 13771	Kouty n.D. [14.08] - Petrov n.D. - Šumperk [14.43]
Os 13770	Šumperk [14.50] - Petrov n.D. - Kouty n.D. [15.28]
Os 13773	Kouty n.D. [15.43] - Petrov n.D. - Šumperk [16.21]
Os 13774	Šumperk [16.29] - Petrov n.D. - Kouty n.D. [17.07]
Os 13777	Kouty n.D. [17.41] - Petrov n.D. - Šumperk [18.18]
Os 13778/23874	Šumperk [18.55] - Petrov n.D. - Sobotín [19.15]
Os 23851	Sobotín [19.19] - Petrov n.D. - Šumperk [19.37]

**Tab.2.3** Nasazení motorové jednotky řady 814-914 na ŽD v sobotu a ve dnech pracovního volna

Na traťovém úseku Šumperk – Petrov n.D. a Petrov n.D. – Šumperk je z celkového počtu 38 vlakových souprav vedeno denně 35 souprav. Z tohoto počtu můžeme analyzovat celkem 14 spojů vedený motorovou jednotkou řady 814 501 – 914 501. První spoj vedený touto řadou je označen jako Os 13752 a poslední spoj je v nákresném jízdním řádě uveden jako Os 13779 na traťovém úseku Sobotín – Šumperk.



**Obr.2.1** Graf analýzy odjezdů ze žst. Petrov n.D. [nákresný GVD 2008/2009]

Železniční stanice Petrov n.D. patří mezi středně zatížené dopravní na Železnici Desná. Celkový počet vypravovaných spojů je 54, z tohoto počtu nejvíce vlakových souprav je směřováno na žst. Šumperk. Mezi další zatížený směr této tratě patří traťový úsek Petrov n.D. – Kouty n.D., který je uskutečňován 15 vlakovými soupravami, z toho 3 osobní vlaky (Os 13762, Os 13768 a Os 13786) končí ve stanici Velké Losiny.

Nákladní doprava na Železnici Desná prožívá stagnaci. Zajišťuje ji společnost SART stavby a rekonstrukce a.s. s jedním nezávislým hnacím vozidlem a nákladními vozy, které jsou pronajímány od ČD. Tento druh dopravy měl významný podíl v době stavby PVE Dlouhé Stráně, kdy na této trati jezdily manipulační vlaky s kamenivem a betonářským pískem. Nyní již má jen velmi malý rozsah, řádově v několika manipulačních jízd za měsíc. Nejvíce se přepravuje dřevní hmota z vlečky v Sobotíně.

Osobní doprava zaujímá větší podíl než doprava nákladní. Po provedené analýze bylo zjištěno, že celkový počet přepravených cestujících dosahuje hodnoty 52 500/měsíc, v jednom osobním vlaku cestuje průměrně 24 lidí.

Cestovní doba je závislá na směrových a sklonových poměrech na jednotlivých traťových úsecích. Analýza jízdy motorové jednotky řady 814 501–914 501 a motorového vozu řady 810 je provedena v 2.4. a 2.5.

Jízdní doby			
Traťový úsek	T <sub>i</sub> [min]	T <sub>b</sub> [min]	Celková T <sub>i</sub> [min]
Šumperk - Vikýřovice u penzionu	1,16	0,58	1,74
Vikýřovice u penzionu - Vikýřovice	1,47	0,63	2,10
Vikýřovice - Vikýřovice Lesní	1,10	0,56	1,66
Vikýřovice Lesní - Petrov n.D.	1,53	0,70	2,22
Petrov n.D. - Rapotín zastávka	1,11	0,52	1,63
Rapotín zastávka - Rapotín	0,83	0,46	1,29
Rapotín - Velké Losiny	2,50	0,58	3,08
Velké Losiny - Velké Losiny zastávka	1,42	0,58	2,00
Velké Losiny zastávka - Loučná n.D.-Filipová	3,08	0,58	3,66
Loučná n.D.-Filipová - Loučná n.D.	2,33	0,58	2,90
Loučná n.D. - Loučná n.D.-Rejhotice	3,09	0,46	3,55
Loučná n.D.-Rejhotice - Kouty n.D.	2,33	0,46	2,80
<b>Celkem:</b>	<b>21,95</b>	<b>6,68</b>	<b>28,63</b>
<b>Celková doba jízdy:</b>	<b>35,63</b>		

**Tab.2.4** Analýza jízdy motorového vozu řady 810 na Os 13775 [GVD 2008/2009]

Jízdní doby			
Traťový úsek	T <sub>i</sub> [min]	T <sub>b</sub> [min]	Celková T <sub>i</sub> [min]
Šumperk - Vikýřovice u penzionu	1,16	0,58	1,74
Vikýřovice u penzionu - Vikýřovice	1,47	0,63	2,10
Vikýřovice - Vikýřovice Lesní	1,10	0,56	1,66
Vikýřovice Lesní - Petrov n.D.	1,53	0,70	2,22
Petrov n.D. - Petrov n.D.-zastávka	1,59	0,46	2,05
Petrov n.D.-zastávka - Sobotín	3,38	0,46	3,84
<b>Celkem:</b>	<b>10,23</b>	<b>3,38</b>	<b>13,61</b>
<b>Celková doba jízdy:</b>	<b>16,61</b>		

**Tab.2.5** Analýza jízdy motorového vozu řady 810 na Os 23860 [GVD 2008/2009]

Analýza byla provedena z údajů, získaných z GVD 2008/2009, a vytvořena pro traťové úseky Šumperk – Kouty n.D. a Šumperk – Sobotín.

Trat' pro výpočet byla rozdělena na jednotlivé dílčí traťové úseky. Údaje jsou používány z tachogramu jízdy pro motorový vůz řady 810 (Příloha 7). Pro výpočet doby jízdy na traťovém úseku Šumperk – Vikýřovice-u penzionu se využívá zjednodušeného tvaru základní pohybové rovnice [Šíroký, 2004. str.45, rov. 2.27]:

$$p = \bar{s}_o - s = \frac{1}{2} \cdot \frac{dV}{dT} \quad [N \cdot kN^{-1}] \quad [1.1]$$

Početní metoda však vyžaduje převedení této rovnice do diferenciálního tvaru:

$$\bar{p} = \bar{s}_o - s = \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta V}{\Delta T} \quad [N \cdot kN^{-1}] \quad [1.2]$$

kde:

$\bar{p}$	$[N \cdot kN^{-1}]$	střední hodnota přebytku měrné tažné síly v intervalu $\Delta V$
$\bar{s}_o$	$[\%]$	střední hodnota setrvačného sklonu pro střední hodnotu rychlosti $V_s$ v intervalu $\Delta V$

Za předpokladu, že v průběhu výpočtu se hodnota redukováného sklonu trati nemění, pak je možno určit dobu  $\Delta T$ , za kterou se realizuje změna rychlosti  $\Delta V$ :

$$\Delta T = \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta V}{\bar{p}} \Rightarrow \Delta T = \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta V}{s_o - s_r} \quad [\text{min}] \quad [1.3]$$

Nyní podle vztahu 1.3. je proveden výpočet pro  $i=1$ , tedy část úseku Šumperk – Vikýřovice-u penzionu při použití adhezního stupně (Příloha 7):

$$\Delta T_{i=1} = \frac{1}{2} \cdot \frac{10,0 - 0,0}{114,0 - 7,38} = \frac{1}{2} \cdot \frac{10,0}{106,2} \doteq 0,047 \text{ min}$$

Analogicky se postupuje v následujících částí traťového úseku Šumperk – Vikýřovice-u penzionu. Doba jízdy pro podmínku, kdy platí ( $L = 0,809 \text{ km}$ ) se vypočítá jako součet přírůstků dob v platných výpočtových krocích:

$$T_{j1} = \sum_i \Delta T_i = 0,047 + 0,059 + \dots + 0,045 + 0,019 = 1,16 \text{ min}$$

Doba jízdy na trati Šumperk – Kouty n.D. se určí jako součet dob jízdy dílčích traťových úseku:

$$T_j = \sum_i T_{j1} + T_{j2} + \dots + T_{j11} + T_{j12} = 1,16 + 1,47 + \dots + 3,09 + 2,33 = 21,95 \text{ min}$$

Hodnoty parametrů brzdění jsou vypočteny v tabulce, která určuje brzdění do zastávky Vikýřovice – u penzionu. Z této tabulky vyplývá, že režim brzdění z rychlosti  $V_o = 50,0 \text{ km.h}^{-1}$  nastane v poloze  $L_b = 0,809 \text{ km}$  a brzdění  $t_{b1} = 34,7 \text{ s} \Rightarrow T_{b1} = 0,58 \text{ min}$ . Obdobným způsobem se postupuje na ostatních dílčích úsecích trati Šumperk – Kouty n.D. Doba brzdění na celém úseku Šumperk – Kouty n.D. se určí jako součet dob brzdění jednotlivých úseků

$$T_b = \sum_i T_{b1} + T_{b2} + \dots + T_{b11} + T_{b12} = 0,58 + 0,63 + \dots + 0,46 + 0,46 = 6,68 \text{ min}$$

Do výpočtu je nutné zahrnout doby pobytů vlaků v jednotlivých stanicích a zastávkách.

Stanice/zastávky	$T_{p_i}$ [min]
Loučná n.D.-Rejhotice	0,50
Loučná n.D.	1,00
Loučná n.D.-Filipová	0,50
Velké Losiny zastávka	0,50
Velké Losiny	1,00
Rapotín	0,50
Rapotín zastávka	0,50
Petrov n.D.	1,00
Vikýřovice Lesní	0,50
Vikýřovice	0,50
Vikýřovice u penzionu	0,50
$T_{p_c}$ [min]	7,00

Stanice/zastávky	$T_{p_i}$ [min]
Petrov n.D. zastávka	0,50
Petrov n.D.	1,00
Vikýřovice Lesní	0,50
Vikýřovice	0,50
Vikýřovice u penzionu	0,50
$T_{p_c}$ [min]	3,00

**Tab.2.6** Tabulka pobytů vlaku v jednotlivých stanicích a dopravních na ŽD

Celková doba pobytů při jízdě na traťovém úseku Šumperk – Kouty n.D. se určí součtem doby pobytu vlaku v jednotlivé dopravně nebo zastávce

$$T_{p_c} = \sum_i T_{p1} + T_{p2} + \dots + T_{p10} + T_{p11} = 0,50 + 1,00 + \dots + 0,50 + 0,50 = 7,00 \text{ min}$$

Celková (konečná) doba jízdy na traťovém úseku po zahrnutí důležitých parametrů se vypočítá podle vztahu 1.4.:

$$T_{j\text{-celková}} = T_j + T_b + T_{pc} \quad [1.4]$$

Výsledná hodnota doby jízdy na traťovém úseku Šumperk – Kouty n.D. se určí podle vztahu 1.4.

$$T_{j\text{-celková}} = 21,95 + 6,68 + 7,00$$

$$T_{j\text{-celková}} = 35,63 \text{ min}$$

Doba jízdy na traťovém úseku Šumperk – Sobotín se opět vypočítá ze vztahu 1.4.

$$T_{j\text{-celková}} = 10,23 + 3,38 + 3,00$$

$$T_{j\text{-celková}} = 16,61 \text{ min}$$

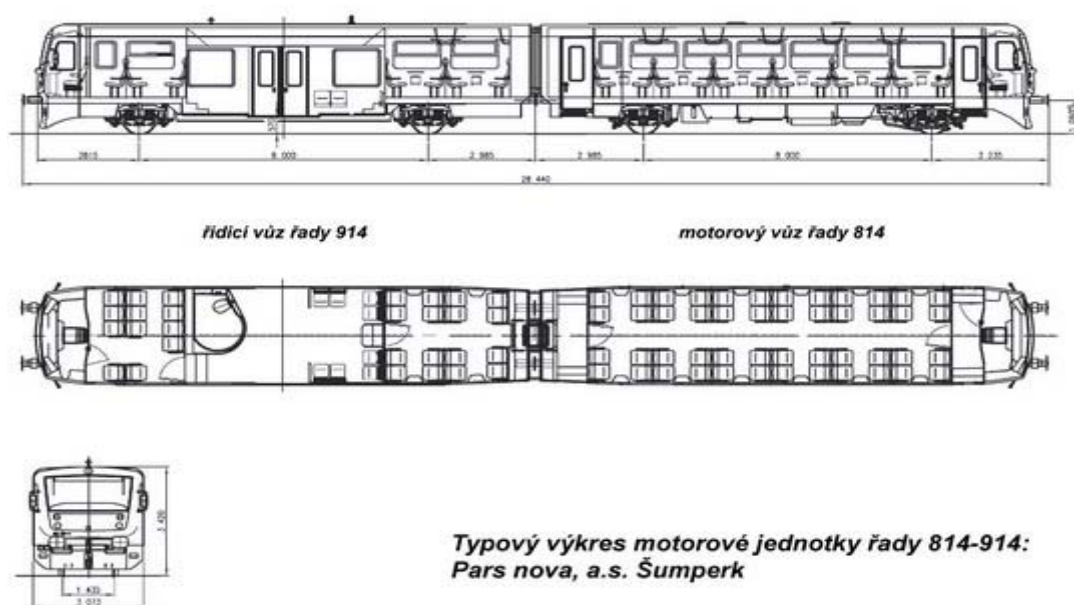
Totožným způsobem vypočítáme celkovou jízdní dobu pro traťový úsek Kouty n.D. – Šumperk a Sobotín – Šumperk. Matematický postup je možné použít také pro výpočet jízdních dob pro motorovou jednotku řady 814 501 – 914 501.

## 2.2 Technické parametry provozovaných vozidel

Doprava na ŽD je zajišťována 3 motorovými vozy řady 810 a 3 přípojnými vozy řady 010, nově v šumperském a olomouckém depu opravené a nastříkané v barvách ŽD. Od pondělí 3.12. 2007 je provozu také motorová jednotka 814.501. Jednotka vznikla ve společnosti Pars nova, a.s. modernizací vozu řady 810 a 010 (v tomto případě 810.067 a 010.609 z majetku SOÚD) a je tedy konstrukčně shodná s částečně nízkopodlažní řadou 814 ČD. Od ní se kromě názvu liší pouze drobnými úpravami v interiéru dle požadavku zákazníka. Původní vozy byly do Pars nova přistaveny v srpnu, jednotka byla dokončena počátkem listopadu a 6.11.2007 vykonala technicko-bezpečnostní zkoušku v úseku Šumperk – Zábřeh na Moravě – Otrokovice.

### 2.2.1 Technický popis motorové jednotky řady 814 – 914

Motorová jednotka řady 814 je určena pro náhradu souprav s motorovými vozy řady 810 ČD a přípojnými vozy řady 010 ČD na hlavních, ale i na trakčně náročnějších místních tratích. Akční rádius jednotky je přibližně 900 km..



**Obr.2.2** Typový výkres motorové jednotky řady 814-914 [Pars nova, a.s. Šumperk]

Hlavním přínosem rekonstrukce je vedle zvýšení kultury v cestování také snížení nákladů na provoz a údržbu, výkonnější motor umožňuje lepší akceleraci a z toho plyne zkrácení jízdních dob.

Motorová jednotka řady 814 je sestavena z hnacího vozu 814 ČD a řídicího vozu řady 914 ČD. Tyto vozy jsou spráženy šroubovkou, přiléhající čela jsou opatřena nárazníky. Průchod jednotky je umožněn přechodovým můstkem, opatřeným dvouvrstvým pryžovým krycím měchem. Motorový vůz má zachovány původní výšku podlahy, zatímco řídicí vůz je řešen částečně nízkopodlažní – podlaha poloviny půdorysné plochy vozu je ve výšce 570 mm na temeně kolejnice.

Půdorysné členění motorového vozu je následující: stanoviště strojvedoucího, přední nástupištní prostor, velkoprostorový oddíl pro cestující (2. vozová třída) a zadní nástupní prostor. Mezi tímto nástupním prostorem a plochým čelem vede průchod k mezivozovému přechodu a jsou zde situovány bloky pneumatické a elektrické výzbroje. Nástupní prostory jsou přístupné jednokřídlými přesuvnými elektropneumaticky ovládanými, vybavenými sklopnou stupačkou, ochranou proti přivření a tlačítkovým ovládaním. Stanoviště strojvedoucího je klimatizováno a oproti původním vozům řady 810 ČD, ale i prototypu řady 812 ČD je prostornější, pohodlnější a ergonomičtější.



**Obr.2.3** Konstrukční řešení stanoviště strojvedoucího v motorové jednotce řady 814 – 914 [Pars nova, a.s. Šumperk]

V podélné ose je instalován zcela nový řídicí pult ve tvaru podkovy, je dosažena odpružená sedačka, chladič a vaříč. Od nástupního prostoru je stanoviště odděleno lomenou prosklenou příčkou.



Řídicí vůz má půdorysné uspořádání od motorového značně odlišné. Centrální část řídicího vozu je řešena jako nízkopodlažní nástupní prostor. V tomto prostoru je instalováno osm sklopných sedaček (čtyři dvojsedačky), část prostoru je vyhrazena pro osoby na invalidním vozíku, pro kočárky a pro jízdní kola. Do nízkopodlažní části je situována i toaleta, řešena jako sériově v evropském standardu provedený modul s uzavřeným systémem EWAC.

Celková kapacita jednotky je 199 osob – 84 sedících a 115 stojících. Oddíly pro cestující mají obložení z velkoplošných laminátových panelů. Sedačky jsou čalouněné, vybavené hlavovými a loketními opěrkami. Nad sedadly jsou uchyceny příčné plastové police na zavazadla. Okna jsou koncipována jako pevná a polospouštěcí, mají dvojité determální zasklení. Pod okna jsou umístěny stolky a odpadkové koše. Vnitřní osvětlení je zářivkové – zářivky jsou umístěny v průběžném kanálu, vedoucího v podélné ose jednotky. Vytápění jednotky je teplovodní, přičemž rozvody vedou podél stěn. Každý vůz je vytápěn vlastním teplovodním agregátem Eberspächer HYDRONIC 35 o maximálním topném výkonu 35 kW.

Rozměry	Délka vozu přes nárazníky	28440 mm
	Šířka skříně	3073 mm
	Výška skříně	3420 mm
	Rozchod	1435 mm
	Rozvor	8000 mm
Hmotnosti	Služební hmotnost soupravy	39,6 t
	Hmotnosti obsazené soupravy	54,8 t
	Nápravový tlak mot. vozu	14 t
Kapacita	Počet míst k sezení	84
	Počet míst k stání	105
Technická data	Výkon motoru	242 kW při 1950 ot./min.
	Maximální provozní rychlost	80 km/hod
	Přenos výkonu	hydromechanický
	Uspořádání pojezdu	A'1'+1'1'
	Průjezdnost obloukem	120 m

**Tab.2.7** Technická data motorové jednotky řady 914 001-3 [Pars nova, a.s. Šumperk]

Jednotka je vybavena pouze jednou akumulátorovou baterií, umístěnou v motorovém voze v původní upravené bateriové skříní.

## 2.2.2 Technický popis motorového vozu řady 810

Motorový vůz řady 810 je dvounápravový podvozkový motorový vůz lehké stavby s jednou hnací nápravou. Celosvařovaná ocelová skříň vozu je vylehčená samonosná konstrukce, na čelech vybavena tažným a narážecím ústrojím lehkého typu s maximálním zatížením 380 kN v tahu. Půdorysně je skříň motorového vozu rozdělena na přední kabinu obsluhy, velký nástupní prostor s buňkou WC, oddíl pro cestující, malý nástupní prostor a zadní kabinu obsluhy. Velkoprostorový oddíl pro cestující poskytuje celkem 50 míst k sezení na jednoduchých lehce čalouněných lavicích bez opěrek rukou a hlavy. Celkem 5 čtveřic lavic je v uspořádání 2 + 3 páry proti sobě s uličkou uprostřed. Nad každou lavicí je pod stropem oddílu zavěšena jednoduchá police na zavazadla s výplní z tyčoviny. Pod okny jsou k dispozici malé stolky; okna jsou dělená s horní třetinou výklopnou dovnitř pod úhlem 25°.



**Obr.2.4** Motorový vůz řady 810 221-2 na traťovém úseku Loučná n.D. – Kouty n.D.

[[www.zelpage.cz](http://www.zelpage.cz)]

Pojezd motorového vozu tvoří dva koncepčně shodné jednonápravové podvozky s torzně tuhým rámem. Skříň je na každý podvozek uložena třibodově přes čtyři závěsky.

Pro tlumení bočních výkyvů je mezi rámem každého podvozku a skříní motorového vozu připojen také jeden kapalinový tlumič v příčné ose vozidla. Obě dvojkolí vozu mají monobloková kola o průměru 840 mm, průměr nápravy samotné je 120 mm. Všechna kola jsou oboustranně brzděná jednošpalíkovou třecí brzdou s dělenými zdržemi vozového typu. Hnací dvojkolí je vybaveno pískovacím zařízením s možností pískování v obou směrech jízdy. Oba podvozky nesou také zařízení pro mazání okolků.

Celý hnací agregát je včetně pomocných pohonů a chladičů zavěšen pod podlahou vozidla. Spalovací motor je typu LIAZ ML 634 a jde o nepřepřlňovaný vodou chlazený vznětový řadový šestiválec s přímým vstřikem paliva, vnitřním průměrem válců 130 mm a zdvihem 150 mm. Motor má ventilový rozvod OHV s jediným vačkovým hřídelem. Jmenovitý výkon motoru je 155 kW při 2150 ot./min.

Brzdění motorového vozu (a vozů přípojných) zajišťuje samočinná a přímočinná brzda DAKO-P s brzdíči samočinné brzdy DAKO BS 2 a brzdíči přímočinné brzdy DAKO BP. Rychločinný brzdový rozvaděč je typu DAKO – BV1m – 14“; tlakový vzduch do brzd a dalších pneumatických zařízení na voze dodává dvoustupňový tříválcový kompresor 3 DSK 75 (výkon 49 m<sup>3</sup>/h při jmenovitých otáčkách spalovacího motoru, regulace chodu přepouštěním vzduchu do okolí), který je stejně jako alternátor trvale poháněn od spalovacího motoru pomocí řemenového převodu.

Uspořádání pojezdu	1' A'
Přenos výkonu	hydromechanický
Typ motoru	LIAZ ML 634
Výkon motoru	155 kW
Maximální tažná síla	29 kN
Maximální rychlost	80 km/h
Hmotnost vozu	20 t
Průměr dvojkolí	840 mm
Rozvor náprav	8000 mm
Objem palivové nádrže	300 l
Počet míst k sezení	55
Počet míst k stání	40

**Tab.2.8** Technická data motorového vozu řady 810 [www.zelpage.cz/technika]

K naftovému motoru je přes axiálně pružnou hvězdicovou spojku připojena hydromechanická převodovka Praga 2 M 70. Jde o unifikovanou autobusovou dvoustupňovou předlohou převodovku s předřazeným dvoufázovým hydrodynamickým měničem a blokovací spojkou.

### 3 Výpočet parametrů jízdy pro vytypované vlaky

#### 3.1 Stanovení redukovaného průběhu součinitele odporu trati

Postup řešení:

Vliv stavebního uspořádání trati pro vozební výpočty se popisuje pomocí součinitele odporu trati  $o_t$  [1], vyjádřeného jako odpor trati  $O_t$  [N] vztažený na jednotku tíhy vozidla:

$$o_t = \frac{O_t}{G_v} = \frac{G_v \cdot \operatorname{tg} \alpha}{G_v} = \frac{s}{100} [1] \quad [1.5]$$

V praxi se přídatné odpory dané vlivem směrového uspořádání a staveb dají špatně analyticky vyjádřit, proto se pro vozební výpočty vyjadřují pomocí empirických vzorců. Vliv oblouků nahrazujeme hodnotou *přídavného sklonu*  $s_{obl}$ , který určujeme podle následující vztahu 1.6 [Široký, Mechanika v dopravě II.].

$$s_{obl} = \frac{500}{R - 30} [\text{‰}] \quad [1.6]$$

Pro protisměrné oblouky navazující na sebe se  $s_{obl}$  navazujícího (druhého) oblouku násobí hodnotou 1,5.

Pro usnadnění výpočtů se upravuje profil tratě redukcí. *Redukování* je započítání přídavného sklonu z oblouku a tunelu ke sklonu tratě. Pro redukci platí vztah 1.3.

$$s_r = \frac{s \cdot l + \sum_k s_{obl_k} \cdot l_{obl_k} + \sum_n s_{tun_n} \cdot l_{tun_n}}{l} [\text{‰}] \quad [1.7]$$

$s_r$	[‰]	redukovaný sklon tratě
$l$	[m]	délka sklonového úseku
$s$	[‰]	sklon sklonového úseku
$k$		k-tý oblouk ležící na počítaném úseku
$l_{obl\ k}$	[m]	délka oblouku příslušející počítanému úseku
$n$		n-tý tunel ležící na počítaném úseku
$l_{tun\ n}$	[m]	délka tunelu příslušející počítanému úseku

Na základě vstupních údajů, které jsou získány z nákresného přehledu stavu železničního svršku, vytvoříme výpočtovou tabulku, která slouží ke stanovení redukovaného sklonu jednotlivých sklonových úseků  $i$ .

Pro stanovení redukovaného sklonu na jednotlivých sklonových úsecích použijeme vztah [1.7]. Pro úsek  $i=1$  je hodnota  $s_r$ :

$$s_{r1} = \frac{7,81 \cdot 400}{400} = 7,81 \text{ ‰}$$

V tomto úseku nepůsobí žádaný přídatný sklon.

Pro sklonový úsek  $i=2$  je pro oblouk  $k=1$  a  $k=2$  přídatný sklon oblouku vyjádřen podle vztahu [1.6]

$$s_{obl1} = \frac{500}{1750 - 30} = 0,29 \text{ ‰} \quad s_{obl2} = \frac{500}{1750 - 30} = 0,29 \text{ ‰}$$

Pak pro redukovaný sklon  $s_{r2}$  platí :

$$s_{r2} = \frac{4,30 \cdot 90 + 0,29 \cdot 19 + 0,29 \cdot 1}{90} = 4,36 \text{ ‰}$$

Pro sklonový úsek  $i=3$  je pro oblouk  $k=2$  přídatný sklon vyjádřen podle vztahu [1.6]

$$s_{obl2} = \frac{500}{1750 - 30} = 0,29 \text{ ‰}$$

Pak pro redukovaný sklon  $s_{r3}$  platí:

$$s_{r3} = \frac{3,41 \cdot 70 + 0,29 \cdot 22}{70} = 3,50 \text{ ‰}$$

Výsledky stanovení redukovaného sklonu a součinitele odporu trati pro traťový úsek Šumperk-Sobotín a Petrov n.D.-Kouty n.D. jsou určeny v příloze 9 a 10

### 3.2 Konstrukce $s_o$ -V diagramu pro motorový vůz řady 810

Při výpočtu hodnot pro konstrukci  $s_o$ -V diagramu se vychází ze základní rovnice pohybu vlaku [Šíroky, 2004]:

$$F_o - O_L - O_D - O_T - O_a = 0 \quad [1.8]$$

kde

$F_o$  [N] je tažná síla na obvodu kol odečítána z trakční charakteristiky

$O_L$  [N] je vozidlový odpor hnacího vozidla, kterou je možné získat výpočtem z empirických vztahů, nebo je možné ji odečíst z jeho průběhu, zobrazeného na trakční charakteristice hnacího vozidla

Vztah mezi odporem trati a setrvačným sklonem je možné vyjádřit:

$$o_T = s_o \cdot 10^{-3} \quad [\text{‰}] \quad [1.9]$$

Pak rovnice 1.8 se upraví do tvaru rovnice 1.10:

$$F_o - G_L \cdot o_L - G_D \cdot o_D - (G_L + G_D) \cdot s_o \cdot 10^{-3} = 0 \quad [\text{N}] \quad [1.10]$$

Hodnota setrvačného sklonu  $s_o$  se určí podle rovnice 1.11:

$$s_o = \frac{F_o - G_L \cdot o_L - G_D \cdot o_D}{G_L + G_D} \cdot 10^3 \quad [\text{‰}] \quad [1.11]$$

Setrvačný výběhový sklon  $s_{oV}$  se stanoví za podmínky pro jízdu výběhem, kdy  $F_o=0$  N, pak platí vztah 1.12:

$$s_{oV} = -\frac{G_L \cdot o_L - G_D \cdot o_D}{G_L + G_D} \cdot 10^3 \quad [\text{‰}] \quad [1.12]$$

Tíha hnacího vozidla je:

$$G_L = M_L \cdot g \cdot 10^3 = 23,6 \cdot g \cdot 10^3 = 231,5 \cdot 10^3 \text{ N}$$

Z trakční charakteristiky hnacího vozidla vyplývá, že při rychlosti  $V = 20 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

na 1. hydraulický stupeň je tažná síla na obvodu kol  $F_o = 18,9 \cdot 10^3 \text{ N}$ .

Součinitel vozidlového odporu  $o_L$  se určí podle vztahu [Müller, Mobilní prostředky a trakční zařízení, str.14]:

$$o_L = (2,0 + 0,00188 \cdot 20^2) \cdot 10^{-3} = 2,752 \cdot 10^{-3}$$

Pak hodnota setrvačného sklonu pro dané podmínky je dána podle vztahu 1.11:

$$s_o = \frac{18,9 \cdot 10^3 - 231,5 \cdot 10^3 \cdot 2,752 \cdot 10^{-3}}{231,5 \cdot 10^3} \cdot 10^3 = 78,9 \text{ ‰}$$

Je nutné do výpočtu zahrnout případ, kdy vlak jede výběhem, z toho vyplývá pro tažnou sílu:

$$F_o = 0 \text{ N}$$

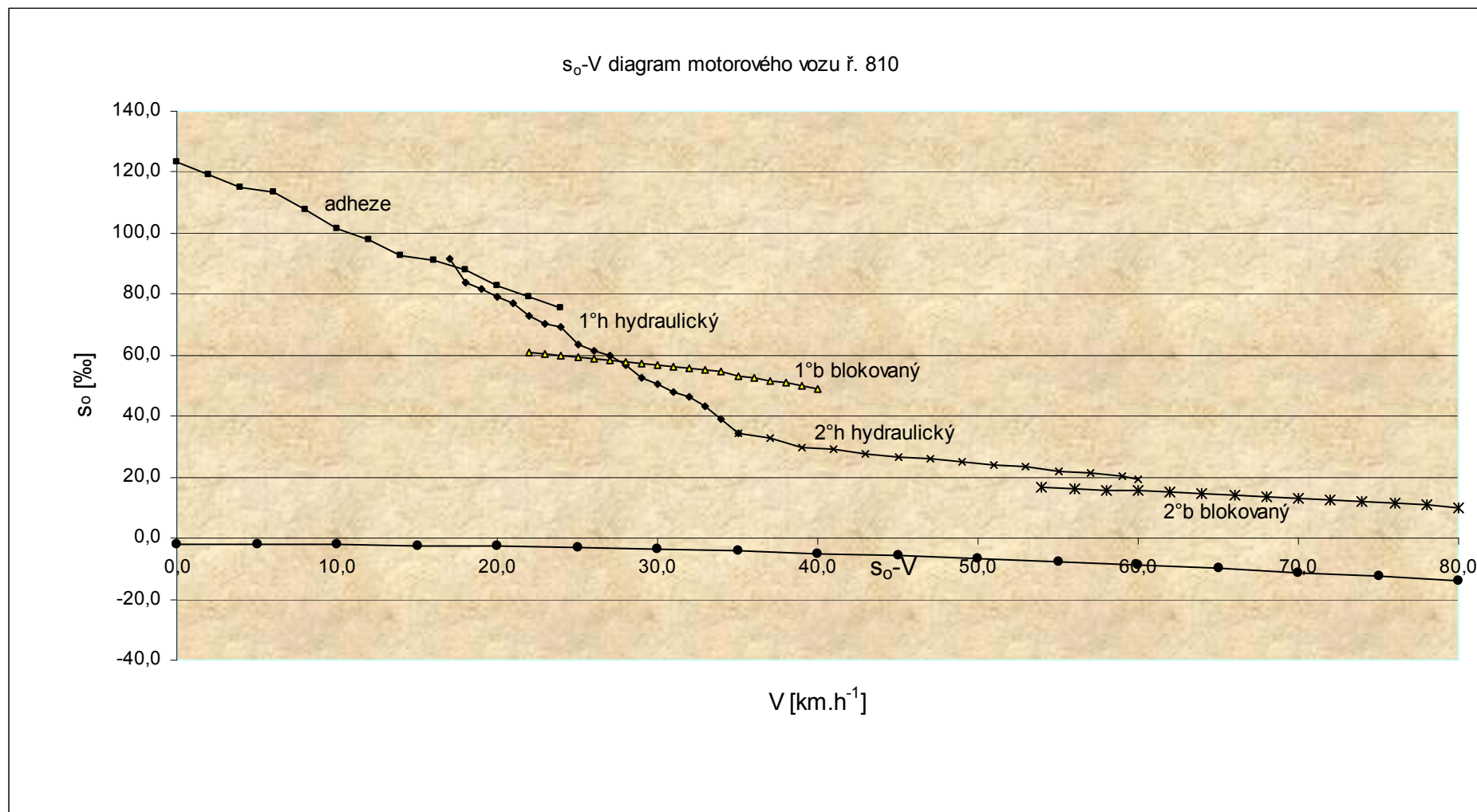
Pro rychlost  $V = 50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  a tažnou sílu  $F_o = 0 \text{ N}$  se určí součinitel vozidlové odporu  $o_L$ :

$$o_L = (2,0 + 0,00188 \cdot 50^2) \cdot 10^{-3} = 6,7 \cdot 10^{-3}$$

Hodnota setrvačného výběhového sklonu se určí podle vztahu 1.12:

$$s_o = -\frac{231,5 \cdot 10^3 \cdot 6,7 \cdot 10^{-3}}{231,5 \cdot 10^3} \cdot 10^3 = -6,7 \text{ ‰}$$

Výsledky zbylých hodnot setrvačného sklonu a setrvačného výběhového sklonu jsou uvedeny v příloze 11. Ze získaných údajů se provedlo sestavení výsledného  $s_o$ - $V$  diagramu motorového vozu řady 810.



**Obr.3.1** Výsledný  $s_o$ -V diagram motorového vozu řady 810



## 4 Stanovení energetické náročnosti jízdy vlaku

### 4.1 Vytvoření tachogramu jízdy pro motorový voz řady 810

Tachogram představuje znázornění závislosti rychlosti vozidel na nezávislém parametru. Tímto nezávislým parametrem může být ujetá dráha, pak  $V=f(L)$ -dráhový tachogram, nebo jím je čas, pak  $V=f(T)$ -časový tachogram.

Při řešení tachogramů existuje mnoho metod, které odpovídají době vzniku a technickým možnostem. Tyto metody rozdělujeme na výpočetní a grafické. Výpočetní metoda vychází ze základní rovnice pohybu vlaku [1.13]:

$$F_o - G_L \cdot o_L - G_D \cdot o_D - (G_L + G_D) \cdot o_T = (G_L + G_D) \cdot \frac{(1 + \rho)}{g} \cdot \frac{dv}{dt} \quad [N] \quad [1.13]$$

$F_o$	[N]	tažná síla na obvodu kol
$G_L$	[N]	tíha hnacího vozidla
$G_D$	[N]	tíha tažených vozidel
$o_L$	[1]	součinitel vozidlového odporu hnacích vozidel
$o_{Da}$	[1]	součinitel vozidlového odporu tažených vozidel
$o_T$	[1]	součinitel odporu trati
$v$	[m.s <sup>-1</sup> ]	rychlost
$t$	[s]	čas

Pro stanovení přebytku měrné tažné síly pro střední hodnotu rychlosti v intervalu  $\Delta V$  a přírůstku času v rychlostním intervalu použijeme vztah 1.2 a 1.3.

Pro přírůstek dráhy v rychlostním intervalu platí vztah 1.14.

$$\Delta L = V_s \cdot \Delta T \cdot \frac{1}{60} = \frac{V_s + \Delta V}{120 \cdot p_s} \quad [km] \quad [1.14]$$

$V_s$	[km.h <sup>-1</sup> ]	střední rychlost v daném rychlostním intervalu
$\Delta T$	[min]	doba, za kterou se realizuje změna rychlosti $\Delta V$
$p_s$	[‰]	přebytek měrné tažné síly pro střední hodnotu rychlosti

### 4.1.1 Konstrukce tachogramu jízdy pro rozjezd vlaku

Pro řešení tachogramu jízdy se využije tabulka na listu sešitu Excelu, tedy programu podporující matematickou analýzu. Předpokládaná ujetá rychlost  $\underline{L}=0,369 \text{ km}$ .

Při rychlosti blízké nule volíme přírůstek rychlosti  $\Delta V = 10 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . Tomu odpovídá výpočtový krok 1. až 5. Pro stanovení přebytku měrné tažné síly pro střední hodnotu rychlosti v 1. výpočtovém kroku použijeme vztah 1.2.

$$\bar{p} = 114,0 - 7,81 = 106,2 \text{ ‰}$$

Pro stanovení přírůstku času v 1. výpočtovém kroku použijeme vztah 1.3.

$$\Delta T = \frac{1}{2} \cdot \frac{10,0}{106,2} = 0,047 \text{ min}$$

Pro přírůstek dráhy v 1. výpočtovém kroku byl použit vztah 1.14.

$$\Delta L = 5,0 \cdot \frac{0,047}{60} = 0,004 \text{ km}$$

V průběhu výpočtového kroku č. 6 dochází v místě  $\underline{L}_S=0,299 \text{ km}$  ke změně sklonu trati  $s_{r1} = 7,81 \text{ ‰} \Rightarrow s_{r2} = 4,36 \text{ ‰}$ . Poloha vlaku na konci vlaku kroku  $\underline{L}_6=0,308 \text{ km}$ , tedy za polohou změny sklonu. Proto je nutné provést vhodný interpolační výpočet pro stanovení parametru jízdy vlaku, které dosáhne v tomto místě. Interpolace se provádí podle následujícího postupu.

$$\Delta L_x = L_{si} - L_{i-1} \quad [\text{km}] \quad [1.15]$$

$$\Delta V_x = \Delta V \cdot \frac{\Delta L_x}{\Delta L} \quad [\text{km} \cdot \text{h}^{-1}] \quad [1.16]$$

$$\Delta T_x = \Delta T \cdot \frac{\Delta L_x}{\Delta L} \quad [\text{min}] \quad [1.17]$$

Na základě tohoto poznatku provedeme interpolaci pro 6. výpočtový krok. V tomto výpočtovém kroku platí podmínky  $L_s = 0,299$  km,  $L_5 = 0,228$  km a pro výpočet použijeme vztahy 1.15 až 1.17.

$$\Delta L_x = 0,299 - 0,228 = 0,071 \text{ km}$$

$$\Delta V_x = 4,0 \cdot \frac{0,071}{0,08} = 3,55 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$\Delta T_x = 0,1 \cdot \frac{0,071}{0,08} = 0,088 \text{ min}$$

Tyto hodnoty se zanesou do řádku s označením 6'. Odpovídající hodnota  $V_{6'}$  = 49,5 km se určí standardním způsobem. Původní řádek se označí jako neplatný ( v tomto případě přeškrtnutím hodnot). Od této polohy pokračujeme výpočtem parametrů dalšího výpočtového kroku standardním způsobem. Analogicky postupujeme ve výpočtových krocích č. 9. Doba jízdy pro dané podmínky  $L = 0,369$  km se určí jako součet přírůstků dob v platných výpočtových krocích.

$$\Delta T_j = \sum_i \Delta T_i = 0,63 \text{ min}$$

i	R <sub>si</sub>	▲V <sub>i</sub> [km.h <sup>-1</sup> ]	▲V <sub>i-1</sub> [km.h <sup>-1</sup> ]	V <sub>i</sub> [km.h <sup>-1</sup> ]	V <sub>s</sub> [km.h <sup>-1</sup> ]	s <sub>oi</sub> [‰]	s <sub>ri</sub> [‰]	p <sub>si</sub> [‰]	▲T <sub>i</sub> [min]	▲L <sub>i</sub> [km]	L <sub>i</sub> [km]
1	A	10,0	0,0	10,0	5,0	114,0	7,81	106,2	0,047	0,004	0,004
2	A	10,0	10,0	20,0	15,0	91,9	7,81	84,1	0,059	0,015	0,019
3	I°h	10,0	20,0	30,0	25,0	63,8	7,81	56,0	0,089	0,037	0,056
4	I°b	10,0	30,0	40,0	35,0	53,1	7,81	45,3	0,110	0,064	0,120
5	II°h	6,0	40,0	46,0	43,0	27,8	7,81	20,0	0,150	0,107	0,228
6	<del>II°h</del>	<del>4,0</del>	<del>46,0</del>	<del>50,0</del>	<del>48,0</del>	<del>27,8</del>	<del>7,81</del>	<del>20,0</del>	<del>0,100</del>	<del>0,080</del>	<del>0,308</del>
6*	II°h	3,5	46,0	49,5	47,8				0,088	0,071	0,299
7	II°h	0,5	49,5	50,0	49,8	25,0	4,36	20,6	0,012	0,010	0,309
8	V	-1,0	50,0	49,0	49,5	-6,5	4,36	-7,2	0,069	0,057	0,366
9	<del>II°h</del>	<del>4,0</del>	<del>49,0</del>	<del>50,0</del>	<del>49,5</del>	<del>25,0</del>	<del>4,36</del>	<del>20,6</del>	<del>0,023</del>	<del>0,019</del>	<del>0,385</del>
9*	II°h	0,2	49,0	49,2	49,1				0,003	0,003	0,369
<b>ΣT<sub>i</sub> - 0.63 min</b>											

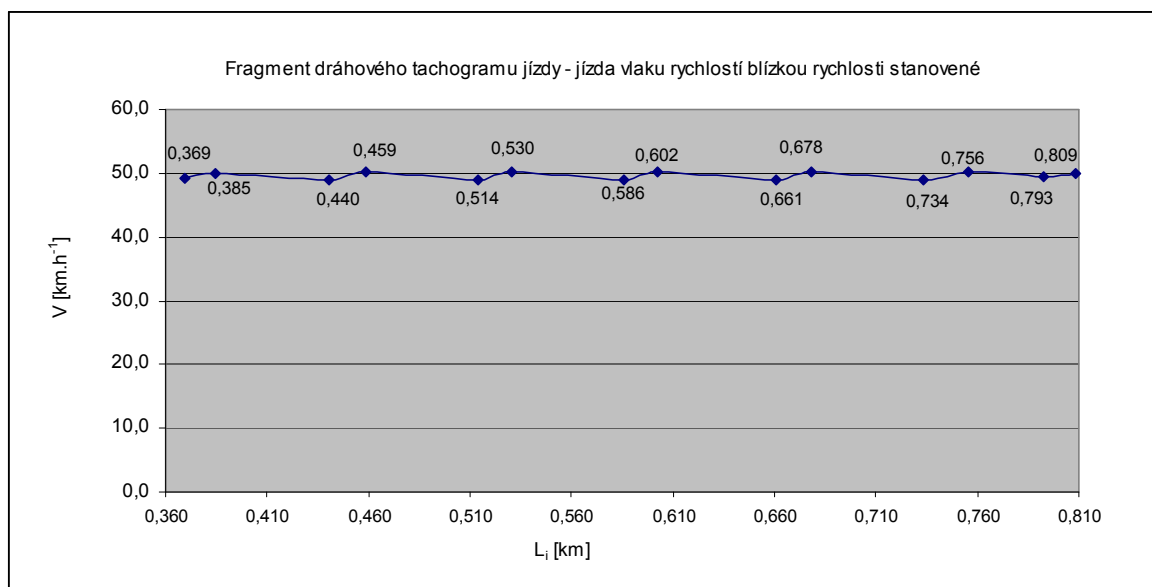
**Tab.4.1** Tabulka výpočtu tachogramu jízdy pro rozjezd vlaku

### 4.1.2 Jízda vlaku rychlostí blízkou rychlosti stanovené

Předpokládána ujetá dráha  $L_Z = 0,681 \text{ km}$ ,  $L_K = 1,050 \text{ km}$ , počáteční rychlost  $V_0 = 49,2 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . Pro rychlosti blízké stanovené rychlosti volíme přírůstek rychlosti malý ( $\Delta V = 1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ) – výpočtový krok č.12.

i	R <sub>si</sub>	▲V <sub>i</sub> [km.h <sup>-1</sup> ]	▲V <sub>i-1</sub> [km.h <sup>-1</sup> ]	V <sub>i</sub> [km.h <sup>-1</sup> ]	V <sub>s</sub> [km.h <sup>-1</sup> ]	S <sub>si</sub> [‰]	S <sub>ri</sub> [‰]	P <sub>si</sub> [‰]	▲T <sub>i</sub> [min]	▲L <sub>i</sub> [km]	L <sub>i</sub>
10	II <sup>o</sup> h	0,8	49,2	50,0	49,6	25,0	3,50	21,5	0,018	0,015	0,385
11	V	-1,0	50,0	49,0	49,5	-6,5	3,50	-10,0	0,049	0,055	0,440
12	II <sup>o</sup> h	1,0	49,2	50,2	49,7	25,0	3,50	21,5	0,022	0,018	0,459
13	V	-1,0	50,0	49,0	49,5	-6,5	0,82	-7,2	0,067	0,055	0,514
14	II <sup>o</sup> h	1,0	49,2	50,2	49,7	25,0	0,82	24,2	0,019	0,016	0,530
15	V	-1,0	50,0	49,0	49,5	-6,5	0,82	-7,2	0,067	0,055	0,586
16	II <sup>o</sup> h	1,0	49,2	50,2	49,7	25,0	0,82	24,2	0,019	0,016	0,602
17	V	-1,0	50,0	49,0	49,5	-6,5	0,82	-7,2	0,070	0,058	0,661
18	II <sup>o</sup> h	1,0	49,2	50,2	49,7	25,0	0,82	24,2	0,021	0,017	0,678
19	V	-1,0	50,0	49,0	49,5	-6,5	7,00	-7,2	0,067	0,055	0,734
20	II <sup>o</sup> h	1,0	49,0	50,0	49,7	25,0	7,00	18,0	0,026	0,021	0,756
21	V	-0,7	50,0	49,4	49,7	-6,5	7,00	-7,2	0,045	0,037	0,793
22	II <sup>o</sup> h	0,7	49,3	50,0	49,6	25,0	7,00	18,0	0,018	0,016	0,809
<b>ΣTi - 0.54 min</b>											

**Tab.4.2** Tabulka výpočtů tachogramu jízdy – rychlost blízká rychlosti stanovené



**Obr.4.1** Fragment dráhového tachogramu jízdy-jízda vlaku rychlostí blízkou rychlosti stanovené

V kroku č. 10 se rychlost na konci kroku blíží rychlosti stanovené ( $V = 50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ).

V následujícím kroku proto je nutné rychlost snížit, rychlostní krok bude záporný. V tomto případě se volí takový rychlostní stupeň, aby střední přebytek měrné tažné síly byl též záporný ( $\Delta T$  musí být vždy větší než nula). V tomto případě předpokládáme, že vlak udržuje konstantní rychlost pomocí brzděného režimu. Vzorový výpočtový krok je zvolen krok č. 11, kdy je nutné nepatrně snížit rychlost vozidla z rychlosti stanovené. Pro výpočet je zvoleno  $\Delta V_{11} = -1,0 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ .

$$V_{11} = V_{10} + \Delta V_{10} = -1,0 + 50,0 = 49,0 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$V_S = \frac{V_{10} + V_{11}}{2} = \frac{50,0 + 49,0}{2} = 49,5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$$

Pro určení hodnoty setrvačného sklonu využijeme data, která jsou vytvořena v příloze 11. Na základě předcházejícího výpočtu, kdy byla určena střední rychlost  $V_S = 49,5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ , vybereme hodnotu setrvačného sklonu  $s_{011} = -6,5 \text{ ‰}$ .

Výpočet rychlostního kroku č. 11 probíhá ve sklonovém úseku, u kterého bylo výpočtem podle vztahu 1.7 zjištěn redukovaný sklon  $s_{r11} = 3,50 \text{ ‰}$ .

Pro stanovení přebytku měrné tažné síly pro střední hodnotu rychlosti v 11. výpočtovém kroku použijeme vztah 1.2.

$$\bar{p} = \bar{s}_0 - s = -6,5 - 3,5 = -10,0 [\text{‰}]$$

Podle vztahu 1.3 určíme přírůstek času v rychlostním intervalu č. 11

$$\Delta T = \frac{1}{2} \cdot \frac{V_{11}}{p_{S11}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{-1,0}{-10,0} = 0,049 \text{ min}$$

Pro přírůstek dráhy v 11. výpočtovém kroku byl použit vztah 1.14. a na základě tohoto výsledku určíme celkový přírůstek dráhy v rychlostním intervalu č. 11

$$\Delta L = V_S \cdot \frac{\Delta T}{60} = 49,5 \cdot \frac{0,049}{60} = 0,055 \text{ km}$$

$$L_{11} = L_{10} + \Delta L_{11} = 0,385 + 0,055 = 0,440 \text{ km}$$

### 4.1.3 Zastavení vlaku ve stanoveném místě

V této části výpočtu je stanoveno, že vlak, pro který byl zkonstruován tachogram jízdy, zastaví čelem v místě  $L_k=1,050$  km s brzdným zpomalením  $a_b=-0,4 \text{ m.s}^{-1}$ . Nyní budeme řešit zastavení kroku vlaku na stanoveném místě.

Pro konstrukci brzdné křivky využijeme vztah 1.18 a 1.19.

$$L_b(t) = L_k + l_{ub}(t) = L_k + \frac{1}{2} \cdot a_b \cdot t_b^2 \cdot 10^{-3} \quad [\text{km}] \quad [1.18]$$

$t_b$  [km]                      doba brzdění

$$V(t) = |a_b| \cdot t_b \cdot \frac{1}{3,6} \quad [\text{km} \cdot \text{h}^{-1}] \quad [1.19]$$

Brzdná dráha vlaku  $l_p$  z počáteční rychlosti  $V$  a daného brzdného zpomalení se stanoví z obecného vztahu pro rovnoměrně zrychlený pohyb dle vztahu 1.20.

$$l_p = \frac{1}{2} \cdot |a| \cdot t^2 \quad \text{resp.} \quad l_p = \frac{1}{2} \cdot \frac{v_0^2}{a} \quad [\text{m}] \quad [1.20]$$

Pro traťový úsek Šumperk – Víkřovice–u penzionu je hodnota brzdná dráha určena podle vztahu 1.20 a má hodnotu.

$$l_p = \frac{1}{2} \cdot \frac{\left(\frac{50}{3,6}\right)^2}{-0,4} = 241 \text{ m}$$

Pro stanovení polohy  $L_o$  zavedení účinného brzdění za požadavku zastavení v poloze  $L_k$  použijeme vztah 1.21.

$$L_b = L_k + \frac{1}{2} \cdot \frac{v_0^2}{a_b} \cdot 10^{-3} \quad [\text{km}] \quad [1.21]$$

Počátek účinného brzdění pro traťový úsek Šumperk – Vikýřovice-u penzionu se určí podle vztahu 1.21.

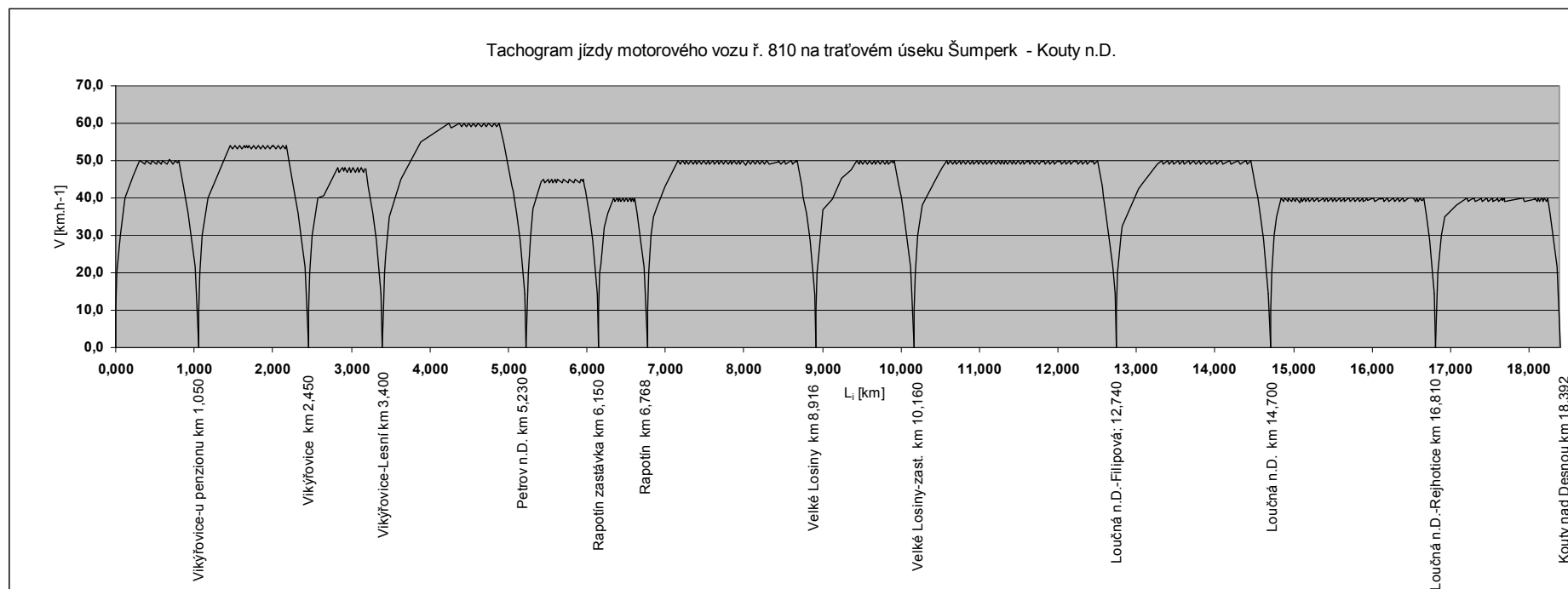
$$L_b = 1,050 + \frac{1}{2} \cdot \frac{\left(\frac{50,0}{3,6}\right)^2}{-0,4} \cdot 10^{-3} = 0,809 \text{ km}$$

Brzdění do zastávky Vikýřovice – u penzionu		
$t_b$	$L_b(t)$	$V(t)$
[s]	[km]	[km/h]
0	1,050	0,0
10	1,030	14,4
15	1,005	21,6
20	0,970	28,8
25	0,925	36,0
30	0,870	43,2
<b>34,7</b>	<b>0,809</b>	<b>50,0</b>
40	0,730	57,6
45	0,645	64,8
50	0,550	72,0
55	0,445	79,2
60	0,330	86,4
70	0,070	100,8

**Tab.4.3** Tabulka výpočtů tachogramu jízdy – parametry brzdné křivky

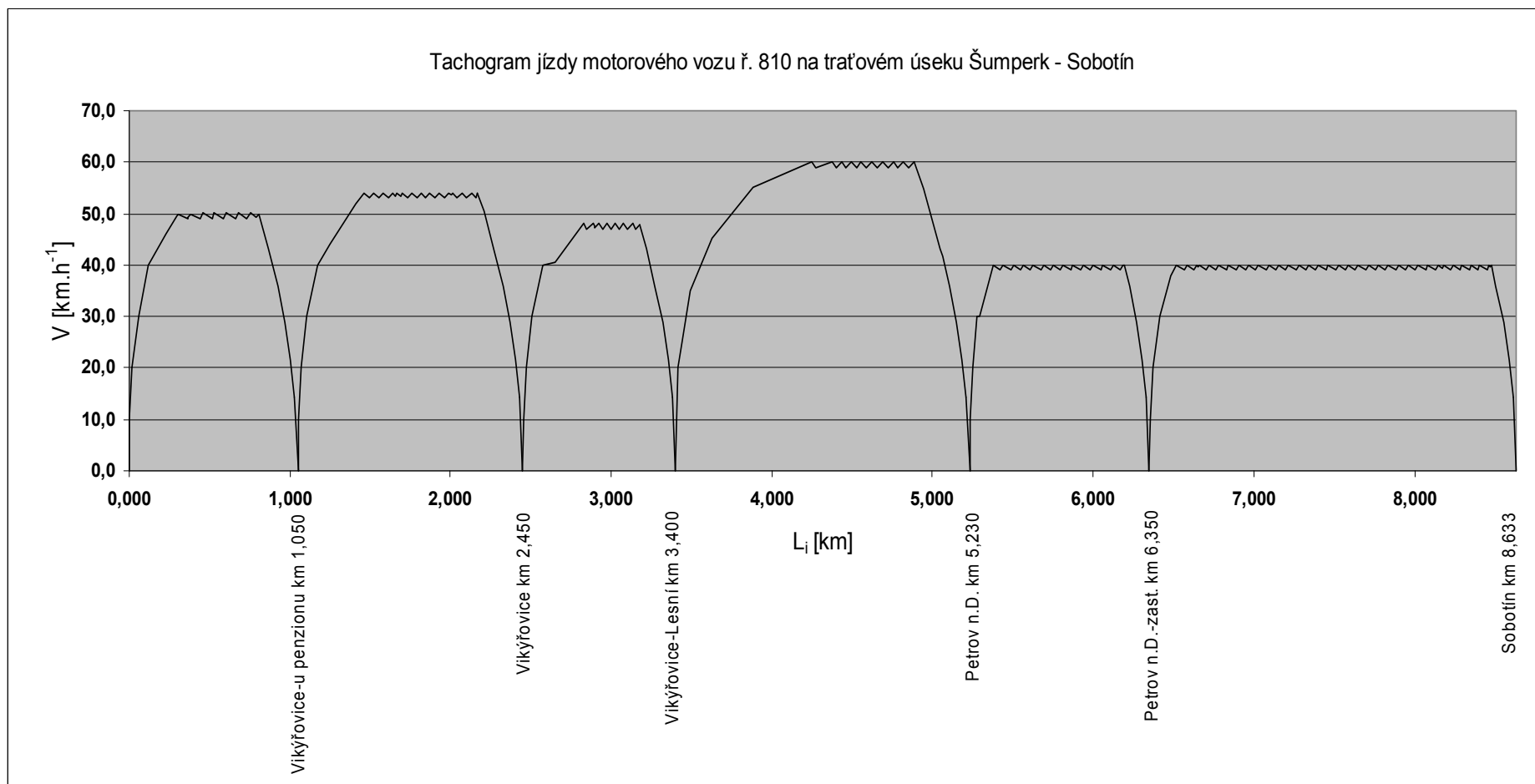
Hodnoty parametrů brzdění jsou vypočteny v tabulce Tab.4.3, kde brzdnou křivku  $V=f(L_b)$  pro tachogram jízdy tvoří její silně orámované sloupce. Z této tabulky jasně vyplývá, že režim brzdění z rychlosti  $V_0=50,0 \text{ km.h}^{-1}$  nastane v poloze  $L_b=0,809 \text{ km}$  a doba brzdění  $t_b=34,7 \text{ s}$ .

Na základě výpočtu, který byl proveden v části 4.1.1 až 4.1.3, kdy základním postupem se provedlo sestavení tachogramu jízdy pro jednotlivé části (rozjezd vlaku, jízdy vlaku rychlostí blízké rychlosti stanovené a zastavení vlaku na stanoveném místě), byl zkonstruován tachogram jízdy pro motorový vůz řady 810 na traťovém úseku Šumperk – Kouty n. D. a úseku Šumperk – Sobotín.



**Obr.4.2** Tachogram jízdy motorového vozu řady 810 na traťovém úseku Šumperk – Kouty n.D.





**Obr.4.3** Tachogram jízdy motorového vozu řady 810 na traťovém úseku Šumperk – Sobotín

## 4.2 Výpočet spotřeby paliva motorového vozu řady 810

Spotřeba paliva souvisí s mechanickou prací spotřebovanou při jízdě vlaku. Závisí jednak na provozních podmínkách ( $M_D$ ,  $O_V$  a  $O_T$ ), okamžitých povětrnostních podmínkách a taky na technickém stavu HV a technice řízení HV. Závislost na technickém stavu a technice jízdy vylučujeme tím, že vycházíme z předpokládaného technického stavu parku HV a určité techniky vedení vlaku. Základem pro výpočet spotřeby paliva je tachogram jízdy vlaku, z něhož musí být patrné použití jednotlivých regulačních stupňů v průběhu jízdy. Z něj zjistíme celkovou dobu využití jednotlivých stupňů  $T_{ci}$  včetně volnoběhu.

$$T_{ci} = \sum_j \Delta T_{ij} \quad [\text{min}] \quad [1.22]$$

kde:

$\Delta T_{ij}$  [min] doba použití  $i$ -tého stupně v  $j$ -tém kroku konstrukce tachogramu jízdy

Pak pro celkovou spotřebu použijeme vztah 1.23.

$$B_C = \frac{1}{60} \cdot \left[ \sum_{i=0}^n b_i \cdot T_{ci} + b_{top} \cdot T_{ctop} \right] \quad [\text{kg}] \quad [1.23]$$

kde:

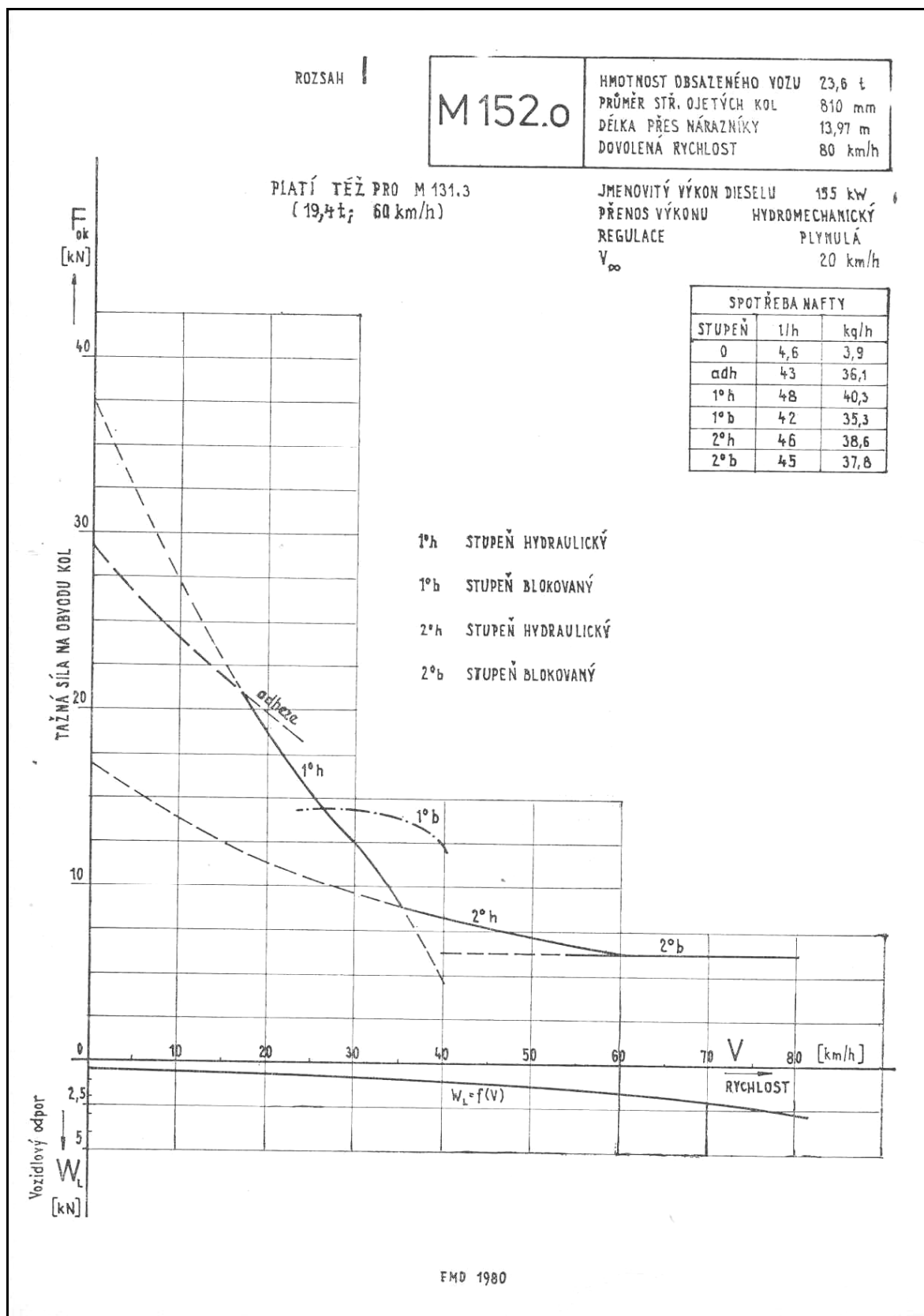
$b_i$  [kg.h<sup>-1</sup>] měrná spotřeba paliva na  $i$ -tém regulačním stupni

$b_{top}$  [kg.h<sup>-1</sup>] měrná spotřeba na topení

$T_{ctop}$  [min] celková doba topení

Měrné spotřeby na jednotlivých regulačních stupních jsou součástí úplné trakční charakteristiky hnacího vozidla nezávislé vozby. Pro jednotlivé řady bývají tyto spotřeby stanoveny pro průměrný technický stav hnacího vozidla.

Pro výpočet vycházíme z trakční charakteristiky pro motorový vůz řady 810 (M 152.o), na které jsou znázorněny technické údaje (hmotnost obsazeného vozu, délky přes nárazníky a dovolená rychlost), které jsou nutné pro provoz. Na této charakteristice jsou znázorněny také spotřeby nafty pro jednotlivé stupně.



Obr.4.4 Trakční charakteristika motorového vozu řady 810 [Ing. Jaromír Šíroky, Ph.D.]

Pro vzorový výpočet se použije tabulka, vytvořena v programu EXCEL. Nejprve se bude zjišťovat spotřeba paliva pro jednotlivé regulační stupně a pro traťový úsek Šumperk – Vikýřovice.

Na základě údajů, které jsou znázorněny na trakční charakteristice pro motorový vůz řady 810, bylo zjištěno, že měrná spotřeba paliva na tomto regulačním stupni je  $b_1 = 3,9 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ . Na základě této hodnoty se provede výpočet spotřeby paliva pro tento regulační stupeň na traťovém úseku Šumperk – Vikýřovice-u penzionu podle vztahu 1.24.

$$B_{1-0.\text{stupeň}} = b_{1-0.\text{stupeň}} \cdot \left( \frac{\sum \Delta T_{1-0.\text{stupeň}}}{60} \right) \quad [\text{kg}] \quad [1.24]$$

Podle tohoto vztahu je spotřeba paliva pro tento regulační stupeň:

$$B_{1-0.\text{stupeň}} = 3,9 \cdot \left( \frac{0,069 + 0,067 + 0,067 + 0,067 + 0,070 + 0,067 + 0,045}{60} \right) = 0,03 \text{ kg}$$

Obdobným postupem se provede výpočet spotřeby pro ostatní regulační stupně, které jsou použity pro jízdu vlaku na traťovém úseku Šumperk – Vikýřovice-u penzionu. Celková spotřeba paliva pro tento dílčí traťový úsek tratě Šumperk – Kouty n.D. se určí podle vztahu 1.25.

$$B_{cl} = B_{1-0.\text{stupeň}} + B_{1-\text{adheze}} + B_{1-I^*h} + B_{1-I^*b} + B_{1-II^*h} + B_{1-II^*b} \quad [\text{kg}] \quad [1.25]$$

Celková spotřeba na tomto dílčím úseku má hodnotu:

$$B_{cl} = 0,03 + 0,06 + 0,06 + 0,06 + 0,26 + 0,00 = 0,48 \text{ kg}$$

Celková spotřeba motorového vozu řady 810 při jízdě na trati Šumperk – Kouty n.D. se určí jako součet dílčích celkových spotřeb jednotlivých traťových úseků:

$$B_c = \sum_i B_{cl} + B_{c2} + \dots + B_{cl1} + B_{cl2} = 0,48 + 0,69 + \dots + 1,50 + 1,37 = 11,35 \text{ kg}$$

Traťový úsek	$b_{i-0.st.} [kg \cdot h^{-1}]$	$B_{i-0.st.} [kg]$	$b_{i-a} [kg \cdot h^{-1}]$	$B_{i-a} [kg]$	$b_{i-I^{o}h} [kg \cdot h^{-1}]$	$B_{i-I^{o}h} [kg]$
Šumperk - Vikýřovice u penzionu	3,9	0,03	36,1	0,06	40,3	0,06
Vikýřovice u penzionu - Vikýřovice	3,9	0,03	36,1	0,07	40,3	0,06
Vikýřovice - Vikýřovice Lesní	3,9	0,01	36,1	0,07	40,3	0,06
Vikýřovice Lesní - Petrov n.D.	3,9	0,01	36,1	0,07	40,3	0,03
Petrov n.D. - Rapotín zastávka	3,9	0,03	36,1	0,06	40,3	0,05
Rapotín zastávka - Rapotín	3,9	0,01	36,1	0,06	40,3	0,01
Rapotín - Velké Losiny	3,9	0,04	36,1	0,06	40,3	0,06
Velké Losiny - Velké Losiny zastávka	3,9	0,01	36,1	0,06	40,3	0,05
Velké Losiny zastávka - Loučná n.D.-Filipová	3,9	0,06	36,1	0,07	40,3	0,06
Loučná n.D.-Filipová - Loučná n.D.	3,9	0,02	36,1	0,07	40,3	0,07
Loučná n.D. - Loučná n.D.-Rejhotice	3,9	0,05	36,1	0,06	40,3	0,03
Loučná n.D.-Rejhotice - Kouty n.D.	3,9	0,02	36,1	0,08	40,3	0,05

Traťový úsek	$b_{i-I^{o}b} [kg \cdot h^{-1}]$	$B_{i-I^{o}b} [kg]$	$b_{i-II^{o}h} [kg \cdot h^{-1}]$	$B_{i-II^{o}h} [kg]$	$b_{i-II^{o}b} [kg \cdot h^{-1}]$	$B_{i-II^{o}b} [kg]$	$B_{ci} [kg]$
Šumperk - Vikýřovice u penzionu	35,3	0,06	38,5	0,26	37,8	0,00	0,48
Vikýřovice u penzionu - Vikýřovice	35,3	0,07	38,5	0,47	37,8	0,00	0,69
Vikýřovice - Vikýřovice Lesní	35,3	0,07	38,5	0,39	37,8	0,00	0,60
Vikýřovice Lesní - Petrov n.D.	35,3	0,06	38,5	0,33	37,8	0,39	0,88
Petrov n.D. - Rapotín zastávka	35,3	0,04	38,5	0,25	37,8	0,00	0,44
Rapotín zastávka - Rapotín	35,3	0,06	38,5	0,29	37,8	0,00	0,43
Rapotín - Velké Losiny	35,3	0,04	38,5	0,92	37,8	0,00	1,12
Velké Losiny - Velké Losiny zastávka	35,3	0,04	38,5	0,61	37,8	0,00	0,78
Velké Losiny zastávka - Loučná n.D.-Filipová	35,3	0,00	38,5	1,27	37,8	0,00	1,46
Loučná n.D.-Filipová - Loučná n.D.	35,3	0,07	38,5	1,37	37,8	0,00	1,60
Loučná n.D. - Loučná n.D.-Rejhotice	35,3	0,03	38,5	1,33	37,8	0,00	1,50
Loučná n.D.-Rejhotice - Kouty n.D.	35,3	0,05	38,5	1,17	37,8	0,00	1,37
						$B_{celková} [kg]$	11,35

**Tab.4.4** Tabulka hodnot spotřeby paliva pro motorový vůz řady 810 na traťovém úseku Šumperk – Kouty n.D.

Traťový úsek	$b_{i-0, st} [kg \cdot h^{-1}]$	$B_{i-0, st} [kg]$	$b_{i-a} [kg \cdot h^{-1}]$	$B_{i-a} [kg]$	$b_{i-I^{ch}} [kg \cdot h^{-1}]$	$B_{i-I^{ch}} [kg]$
Šumperk - Vikýřovice u penzionu	3,9	0,03	36,1	0,06	40,3	0,06
Vikýřovice u penzionu - Vikýřovice	3,9	0,03	36,1	0,07	40,3	0,06
Vikýřovice - Vikýřovice Lesní	3,9	0,01	36,1	0,07	40,3	0,06
Vikýřovice Lesní - Petrov n.D.	3,9	0,01	36,1	0,07	40,3	0,03
Petrov n.D. - Petrov n.D.-zastávka	3,9	0,06	36,1	0,06	40,3	0,05
Petrov n.D.-zastávka - Sobotín	3,9	0,14	36,1	0,07	40,3	0,07

Traťový úsek	$b_{i-I^{cb}} [kg \cdot h^{-1}]$	$B_{i-I^{cb}} [kg]$	$b_{i-II^{ch}} [kg \cdot h^{-1}]$	$B_{i-II^{ch}} [kg]$	$b_{i-II^{cb}} [kg \cdot h^{-1}]$	$B_{i-II^{cb}} [kg]$	$B_{ci} [kg]$
Šumperk - Vikýřovice u penzionu	35,3	0,06	38,5	0,26	37,8	0,00	0,47
Vikýřovice u penzionu - Vikýřovice	35,3	0,07	38,5	0,47	37,8	0,00	0,70
Vikýřovice - Vikýřovice Lesní	35,3	0,07	38,5	0,39	37,8	0,00	0,60
Vikýřovice Lesní - Petrov n.D.	35,3	0,06	38,5	0,33	37,8	0,39	0,89
Petrov n.D. - Petrov n.D.-zastávka	35,3	0,01	38,5	0,40	37,8	0,00	0,58
Petrov n.D.-zastávka - Sobotín	35,3	0,10	38,5	0,70	37,8	0,00	1,09
$B_{celková} [kg]$							4,33

**Tab.4.5** Tabulka hodnot spotřeby paliva pro motorový vůz řady 810 na traťovém úseku Šumperk – Sobotín

## 5 Provozně technické zhodnocení

Cíl této práce bylo určit nebo posoudit energetickou náročnost vozby na traťovém úseku Šumperk – Kouty n.D. a Šumperk – Sobotín. Postupnými kroky byla zjištěna spotřeba paliva na jednotlivých traťových úsecích a pro provozované vlakové soupravy, tedy pro motorový vůz řady 810 a motorovou jednotku řady 814-914. Hodnoty jednotlivých spotřeb, které jsou uvedeny v příloze, dokazují, že spotřeba paliva při jízdě motorové jednotky řady 814 501-914 501 a motorového vozu řady 810 jsou téměř totožné. Nepatrné rozdíly jsou dané rozdílným konstrukčním řešením obou konstrukcí. V případě motorové jednotky řady 814 501-914 501 se jedná o komplexní modernizaci a rekonstrukci motorového vozu řady 810 a přípojného vozidla řady 010. Další rozdíl je patrný při charakteristice hmotnosti vlakové soupravy. Motorová jednotka řady 814-914 má stanovenou hmotnost soupravy na 39,4 t, motorový vůz řady 810 pouze 20 t (viz tab.2.8). Hmotnost vlaku výrazným způsobem ovlivňuje náklady na vlakový kilometr.

Součástí tohoto zhodnocení je i provozní charakteristika daného traťového úseku a možná výhledová studie provozu v dalším období. V současné době je traťovém úseku Šumperk – Kouty n.D. podle výše uvedené analýzy vedeno přibližně 38 vlakových souprav v obou směrech trati. Kromě tohoto druhu dopravy jsou cestující v této oblasti přepravováni také autobusy, některé z nich vedeny i souběžně se železniční tratí. Je zcela evidentní, že doprava železniční ztrácí část svých cestujících na úkor autobusové dopravy. Proto je nutné vytvořit takovou koncepci dopravy v tomto regionu, aby autobusová doprava doplňovala dopravu železniční. Tím by došlo ke zdokonalení současného IDSOK a byly by vytvořeny podmínky pro další rozvoj.

Na trati Šumperk – Kouty n.D. je středně vysoká intenzita přepravených osob. Z tohoto poznatku je možné uvažovat o zavedení taktového jízdního řádu. Takto uvažovaný jízdní řád by byl přijatelným kompromisem mezi silniční a železniční dopravou. Časový prostor mezi jednotlivými spoji by ve špičce činil 1.hodinu a mimo špičku a o víkendech 2.hodiny. Časový prostor mezi jednotlivými spoji by mohl být vyplněn vhodným autobusovými spoji.

Na základě ekonomické studie, která byla vypracována pro traťový úsek Petrov n.D. – Sobotín, bylo zjištěno, že přepravní intenzita je velmi nízká a provozování drážní dopravy na tomto úseku tratě je zcela nevýhodné. Na této trati se navrhuje zrušení železniční dopravy a nahrazení autobusovými linkami.

Proto je možné navrhnout ve stanici Petrov n.D., která je charakterizována jako přestupní bod, malý dopravní terminál mezi autobusovou a železniční dopravou. V samotné železniční stanici je navrhována úprava kolejové uspořádání tak, aby mohlo vzniknout ostrovní oboustranné nástupiště s úrovnovým přístupem. Délka nástupištní hrany by byla stanovena na 140-250 m, projektovaná výška činí 550 mm nad temenem přilehlé kolejnice. Šířka nástupiště bude odpovídat špičkové frekvenci a bude stanovena na 6,6 m. Konstrukce nástupiště bude použita typu SUDOP, tvořena nástupištními zídkami a konzolovými nástupištními deskami. Z tohoto nástupiště bude umožněn přechod mezi vlakovou a autobusovou dopravou na co nejmenší vzdálenost.

Doprava bude zajišťována 2 motorovými jednotkami řady 814-914, které díky konstrukčnímu uspořádání disponují nízkopodlažním nástupním prostorem, motorový vůz řady 810 bude sloužit jako záložní vůz v případě neprovoznosti motorové jednotky. Autobusová doprava bude zajišťovat spojení míst, které nemohou být obsluhovány železnici.

Další možnou variantou řešení dopravní situace v této části by byla elektrizace traťového úseku Šumperk – Kouty n.D., kde by tato stavba navazovala na dokončenou stavbu „Elektrizace tratě Zábřeh – Šumperk“. Bylo by nutné však posoudit technické a ekonomické aspekty této vysoké investice. Z hlediska energetické náročnosti jsou náklady na elektrickou energii více než třikrát nižší než náklady na motorovou naftu. Dále by muselo dojít k rozsáhlé obnově infrastruktury, kde by náklady činily 2,5 – 3,0 mld. Kč. Z provozního hlediska je nutné, aby trať byla SOÚD odebrána (odkoupěna) a jejím vlastníkem se stala SŽDC. Poté by bylo možné zařadit do GVD přímé spoje z Olomouce až do stanice Kouty n.D., případně až do nově vybudovaného lyžařského centra. Doprava by byla zajišťována dnes existující třívozovou elektrickou jednotkou řady 471 (City Elephant) a dalšími náležitostmi na základě okamžitého stavu vozidel ve správě ČD. Návratnost této elektrifikace by podle odhadu činila přibližně 60 let.

Při posuzování jednotlivých variant řešení je nejvýhodnější (z ekonomického a provozního hlediska) ta, která uvažuje o vytvoření malého přestupního terminálu v žst. Petrov n.D. a doprava zajišťována 2 motorovými jednotkami řady 814-914.



## POUŽITÁ LITERATURA:

- [1] ŠIROKY, Jaromír; *Mechanika v dopravě. Kolejová doprava*. 1. vyd. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2005. 122 s. ISBN
- [2] ŠIROKY, Jaromír; *Mechanika v dopravě II. Příklady*. 1. vyd. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2006. 122 s. ISBN 80-248-1252-5
- [3] ŠIROKY, Jaromír; KŘIVDA, Vladislav; *Zpracování podkladů pro projekty a diplomové práce*. 1. vyd. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2006. 82 s. ISBN 80-248-1269-X
- [4] DANĚK, Jan; KŘIVDA, Vladislav; *Základy dopravy*. 1. vyd. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2007. 192 s. ISBN 978-80-248-0410-1
- [5] DANĚK, Jan; TEICHMANN, Dušan; *Technologie železniční dopravy*. 1. vyd. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2007. 132 s. ISBN 978-80-248-1568-1
- [6] DAŇEK, Jan; KUBEŠ, Vladislav; *Základy technologie dopravy, Železniční doprava*. 1. vyd. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2007. 154 s. ISBN 978-80-248-0508-5
- [7] MÜLLER, Jaroslav; *Mobilní prostředky a trakční zařízení, I.díl*. 2. vyd. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2007. 64 s. ISBN 978-80-248-1394-3
- [8] MÜLLER, Jaroslav; FAMFULIK, Jan; PALEČEK Josef; *Mobilní prostředky a trakční zařízení, II.díl*. 1. vyd. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2002. 134 s. ISBN 80-248-0054-3
- [9] FLIEGEL, Tomáš; JACURA, Martin et al. *Železniční tratě a stanice, cvičení*. 1. vyd. Praha: ČVUT, 2005. 106 s. ISBN 80-01-03353-8
- [10] KADEŘAVEK, Petr; *Ekonomické aspekty elektrifikace tratí. Železniční magazín*, 2008. roč. 15, č.12, s. 27-30
- [11] SART, stavby a rekonstrukce, a.s. Šumperk. *Tabulka traťových poměrů*. 2005. 23 s.

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1–1	Úrovňové křížení státní silnice I/11 a železniční tratě v km 0,307 vybavené přejezdovým zabezpečovacím zařízením s úplnými závislostmi se závorami .....	9
Obr. 1–2	Mostní konstrukce bez průběžného štěrkového lože v km 0,950 v traťovém úseku Petrov n.D. – Rapotín zastávka .....	10
Obr. 2–1	Graf analýzy odjezdů ze žst. Petrov n.D. ....	13
Obr. 2–2	Typový výkres motorové jednotky řady 814-914. ....	18
Obr. 2–3	Konstrukční řešení stanoviště strojvedoucího v motorové jednotce řady 814–914 .....	19
Obr. 2–4	Motor. vůz řady 810 221-2 na traťovém úseku Loučná n.D.–Kouty n.D. ....	21
Obr. 3–1	Výsledný $s_0$ -V diagram motorového vozu řady 810. ....	27
Obr. 4–1	Fragment dráhového tachogramu jízdy-jízda vlaku rychlostí blízkou rychlosti stanovené. ....	31
Obr. 4–2	Tachogram jízdy motorového vozu řady 810 na traťovém úseku Šumperk – Kouty n.D. ....	35
Obr. 4–3	Tachogram jízdy motorového vozu řady 810 na traťovém úseku Šumperk - Sobotín. ....	36
Obr. 4–4	Trakční charakteristika motorového vozu řady 810 .....	38

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1–1	Umístění provozních zařízení pro organizaci provozu .....	6
Tab. 1–2	Traťové poměry rozhodující o traťové rychlosti .....	7
Tab. 1–3	Umístění a poloha jednotlivých dopraven a zastávek na trati.....	8
Tab. 1–4	Umístění provozních zařízení pro organizaci provozu .....	8
Tab. 2–1	Rozdělení jednotlivých stanic a zastávek do zón IDSOK .....	11
Tab. 2–2	Nasazení motorové jednotky řady 814-914 na ŽD v pracovních dnech.....	12
Tab. 2–3	Nasazení motorové jednotky řady 814-914 na ŽD v sobotu a ve dnech pracovního volna.....	12
Tab. 2–4	Analýza jízdy motorového vozu řady 810 na Os 13775. ....	14
Tab. 2–5	Analýza jízdy motorového vozu řady 810 na Os 23860. ....	14
Tab. 2–6	Tabulka pobytů vlaku v jednot. stanicích a dopravních na ŽD.....	16
Tab. 2–7	Technická data motorové jednotky řady 914 001-3 .....	20
Tab. 2–8	Technická data motorové jednotky řady 810 .....	22
Tab. 4–1	Tabulka výpočtu tachogramu jízdy vlaku pro rozjezd vlaku .....	30
Tab. 4–2	Tabulka výpočtu tachogramu jízdy – rychlost blízká rychlosti stanovené .....	31
Tab. 4–3	Tabulka výpočtu tachogramu jízdy – parametry brzdné křivky .....	34
Tab. 4–4	Tabulka hodnot spotřeby paliva pro motorový vůz řady 810 na traťovém úseku Šumperk – Kouty n.D.....	40
Tab. 4–5	Tabulka hodnot spotřeby paliva pro motorový vůz řady 810 na traťovém úseku Šumperk – Sobotín.....	41